Die Physik

der

Erdrinde und der Atmosphäre

von

Friedrich Zamminer,
Dr. phil. und außerordentl. Professor an der philosophischen Fakultät zu Gießen.

Vorwort.

Die nachfolgende kleine Schrift, deren Raum durch den Plan der Real-Encyklopädie zugemessen war, soll ein gedrängtes Bild geben von dem Walten der Kräfte, welche den Erdkörper aus einer glühenden Dunstmasse in einen Schauplatz reichen organischen Lebens umgestalteten, in Zeiträumen, an deren Erfassung unser Geist nur an der Hand astronomischer und geologischer Studien sich gewöhnt. Obgleich stabiler geworden, steht die Erdrinde noch fortwährend unter dem Einflusse stetig und unaufhaltsam fortgehender Wirkungen. Die mannichfaltigen Erscheinungen der Quellenbildung, der Kreislauf der Gewässer, die Fluthen des Meeres, die Vulkane und Erdbeben, Hebungen und Senkungen von Land- und Meeresboden fesseln die Aufmerksamkeit des Forschers und machen ihm die Hieroglyphenschrift verständlich, deren der Boden, welchen wir betreten, eine unerschöpflich reiche Menge birgt.

Der zweite Theil der nachfolgenden Schrift ist der Gegenwart unserer Erde gewidmet. Mag man die Wichtigkeit der klimatischen und meteorischen Bezüge nach ihrem Einfluß auf das Wohl des Einzelnen oder nach ihrer Mitwirkung auf die Bestimmung und Wendung der Völkergeschicke bemessen, oder mag es der Reiz der Entwickelung complicirter Phänomene und ihrer Zurückführung auf einfache letzte Ursachen sein, welcher fesselt, mit Befriedigung muß man erkennen, wie der Genius hervorragender Forscher, eines Humboldt und eines Dove, der Lehre vom Klima und der Witterung feste Grundlagen zu geben gewußt hat. Wenn man bedenkt, daß durch mehr als fünfzehn Jahrhunderte der Lauf der Planeten beobachtet worden war, bis es einem deutschen Astronomen gelang, eine richtige Ansicht über die gegenseitige Stellung dieser Himmelskörper

zu gewinnen; wenn man in Anschlag bringt, daß das Barometer kaum zweihundert, ein zu brauchbaren Temperaturbestimmungen geeignetes Thermometer kaum hundert Jahre in Anwendung steht, und daß erst seit einigen Jahrzehnten durch das Zusammenwirken erleuchteter Regierungen umfassende meteorologische Beobachtungen auf einem größeren Theil der Erde möglich gemacht wurden, — so muß man erstaunen über den raschen Aufschwung einer so jungen Wissenschaft und über Resultate, wie sie sich in neuester Zeit in den Monatsisothermen Dove's ausgesprochen haben. Der hochgeehrte Verfasser wird es genehmigen, daß zwei seiner Karten, die Isothermen des Januar und Juli, neben den Jahresisothermen Humboldt's, in diese kleine Schrift aufgenommen wurden.

Gießen, im Januar 1853.

F. Zamminer.

Inhalt.

A. Die Erdrinde.

B. Die Atmosphäre.

Die Erdrinde.

Man kann es als ein Räthsel im großen Gang der fortschreitenden Geistes- kultur des Menschengeschlechtes betrachten, daß so spät erst die Wege aufgefunden wurden, auf welchen man heutzutage mit Erfolg in den inneren Zusammenhang der Naturerscheinungen vordringt. Der Genius des größten Naturphilosophen des Alterthums hatte unzählige Fragen der Naturforschung, wenn nicht mit Glück gelöst, doch aufgeworfen und sich an ihrer Lösung versucht; der Sammelgeist eines römischen Schriftstellers hatte eine Fülle von nützlichem Material zusammengetragen, die griechischen und arabischen Astronomen waren gute Beobachter, und doch verflossen anderthalb Jahrtausende, ehe die Kraft bevorzugter Geister zuerst Licht in die Finsterniß zu tragen begann, welche über dem ganzen Gebiet der natürlichen Verhältnisse lagerte. Die metaphysische Speculation hatte sich an dem Höchsten versucht, das Dogma die Welt bezwungen und die Scholastik unendlich viel geistige Kraft in nichtigen Kämpfen vergeudet, ehe man daran dachte, dem Zusammenhang der Erscheinungen nachzugehen, in deren Mitte wir uns gestellt sehen.

Das unläugbare Uebergewicht, welches die geistigen Gaben dem Menschen über die gesammte übrige Schöpfung verliehen, entfremdete ihn der Natur und ließ ihn dieselbe nicht anders als mit dem kalten Blick des Herrschers betrachten. Als die Erkenntniß des Weltgebäudes unsern Wohnplatz, die Erde, nur als ein höchst untergeordnetes Glied einer unermeßlich großen und reichen Schöpfung erscheinen ließ, erhielt jene Auffassung den ersten kräftigen Stoß. Mehr noch, als die erhabenen Wahrheiten der Astronomie, für deren Erfassung der alltägliche Gesichtskreis eines Maßstabs entbehrt, ist die Schilderung des Lebens unseres Planeten geeignet, dem Menschen die Abhängigkeit von den ewigen, unwandelbaren Gesetzen der Natur zu vergegenwärtigen und ihn empfinden zu lassen, daß auch er nur ein Glied des Schöpfungsganzen ist.

Wenn schon der Wechsel der Klimate, die zu den Wolken ansteigenden Gebirge, die majestätischen Strömungen des Wasser- und des Luftmeers, die mächtigen Wirkungen der Orkane, der vulkanischen Ausbrüche und Erdbeben die Größe der Naturgewalten anschaulich machen, wenn das üppige Leben, welches die Länder überzieht und die Meere erfüllt, welches an jeder Erdscholle und in jedem Wassertropfen in wimmelnder Menge erscheint, den Glauben erschüttern muß, daß diese reichen Organisationen nur dem Wohlgefallen des Menschen dienen sollten, so wird man um so weniger die Stimme der Geschichte unseres Erdballs überhören, welche uns verkündet, daß der Mensch nur das

letzte Glied ist einer unabsehbaren Reihe von Schöpfungen, welche seit Millionen Jahren die Erdoberfläche in ihren verschiedenen Bildungsepochen belebten. Verschwunden sind die Landschaften, welche von schlanken Bäumen und saftigen Kräutern strotzend, einst die jungfräuliche Erde zierten, verschwunden die Thiergeschlechter von so wunderbaren Formen, welche ihr Wesen in den Meeren und Ländern der Vorzeit trieben und nun in unzähligen Leichen im Schooße der Erde begraben liegen. Diese Formen entstanden, dauerten durch Jahrtausende und vergingen, ohne daß je ein menschliches Auge auf ihnen ruhte.

Mag auch das Menschengeschlecht lange gebraucht haben, ehe es sich zu der Stufe der Bildung erhob, um die indischen und ägyptischen Tempel zu bauen, die Zeit seiner Dauer ist verschwindend gegen die Zeiträume, welche nöthig waren, damit auch nur eine jener mächtigen Schichten, welche jetzt in zahlreicher Uebereinanderlagerung die Erdrinde bilden, aus den Meeren sich absetzen konnte. Wir erkennen in den Gebirgszügen, welche über das allgemeine Niveau der Länder hervorragen und sich zu verschiedenen Zeiten erhoben haben, die Marksteine jener Epochen. Sie tragen auf ihrem Rücken die unverkennbaren Zeichen ihres Alters; allein für die Berechnung der Zeiträume, welche zwischen je zwei solchen Epochen verflossen, fehlt noch jeder sichere Maßstab.

Auch in der Epoche, in welcher wir leben, ist die Erdoberfläche steten Veränderungen unterworfen. So geringfügig uns auch Das erscheint, was die meteorischen Gewässer jährlich vom Kamme der Gebirge ablösen, was die Quellen aus den Eingeweiden der Berge zu Tage fördern und die Flüsse ins Meer spülen, so dürfen wir uns diese Wirkungen nur durch Millionen Jahre fortgesetzt denken, um die Zerstörung hoher Gebirgszüge, die Bildung der mächtigsten Meeresablagerungen zu begreifen. Kein Zweig der Naturforschung ist in dem Maß geeignet, die umfassenden Wirkungen lange dauernder kleiner Ursachen erkennen zu lassen, als das Studium der Umbildungen, welche die Erdoberfläche erfährt. So wenig bieten die physikalischen und chemischen Erscheinungen, welchen der Forscher seine Aufmerksamkeit zu schenken pflegt, Aehnliches dar, daß man nur zu oft geneigt war, die Bildung und Lagerung von Gebirgsschichten, den Untergang von Pflanzen- und Thiergeschlechtern, welche sich darin eingeschlossen finden, plötzlichen und großartigen Umwälzungen zuzuschreiben, während man nun, vertrauter geworden mit den Vorstellungen, welche das Studium der Erde entwickelte, als wahre Ursache nur den langsam nagenden Zahn der Zeit neben allmäligen, oft nur geringen Temperaturänderungen erkennt.

I. Die Erde als Planet.

Der Zustand der Erdoberfläche und die Aenderungen in diesem Zustande, welche sich uns in längeren und kürzeren Zeiträumen zu erkennen geben, sind neben der Wirkung der irdischen Schwere ausschließlich durch den Einfluß des Centralkörpers bedingt, welchen die Erde umkreist. So weit die Geschichte des Menschengeschlechtes hinauf reicht, hat dieser Einfluß keine irgend bemerkbare Aenderung erfahren. Die Kraft, welche den Massetheilchen der Erde eine drehende Bewegung um eine Axe ertheilte, lebt in ihrer Wirkung seit Jahrtausenden fort, ohne durch irgend ein Hinderniß geschwächt oder verzehrt zu werden; in demselben regelmäßigen Takte, welcher nicht um einen kleinen Bruchtheil einer Secunde geändert worden ist, bietet die Erde ihre verschiedenen Seiten den von der Sonne in den Weltraum gehenden leuchtenden und wärmenden Strahlen dar.

Auf gewisse Theile der Erde treffen jene Strahlen genau oder doch annähernd rechtwinklig. Die Bewohner jener Gegenden sehen Mittags die Sonne über ihren Häuptern, die dichteren Strahlen bedingen dort eine höhere Temperatur, als in den Theilen der Erdoberfläche, zu welchen die Strahlen schiefer und schiefer gelangen. Hierin erkennen wir die Ursache des verschiedenen Klima's der heißen, der gemäßigten und der kalten Zone.

Stünde die Drehaxe der Erde senkrecht zu der Ebene, in welcher der Planet seine Bahn um die Sonne vollendet, so würden die Sonnenstrahlen um Mittag die verschiedenen Zonen der Erde unter einem zu allen Zeiten des Jahres sich gleich bleibenden Winkel treffen; die Länge des Tages und der Nacht würden in allen Theilen der Erde gleich und unveränderlich sein. Der ungleiche Einfallwinkel der Sonnenstrahlen und die ungleiche Länge der Tage sind aber die bestimmenden Ursachen der Jahreszeiten, deren Wechsel somit allein auf der schiefen Stellung der Erdaxe gegen die Ebene der Erdbahn (Ekliptik) beruht. Der Winkel, welchen sie bilden, ist am Anfang des Jahres 1853 gleich 66° 32′ 31″, also die Neigung der Aequatorebene gegen die Erdbahn (Schiefe der Ekliptik) gleich 23° 27′ 29″.

Die Mechanik lehrt, daß jeder frei rotirende Körper bei Ortsveränderungen im Raume seine Drehaxe stets der anfänglichen Stellung parallel gerichtet hält, wenn entweder gar keine äußeren Kräfte oder doch nur solche auf ihn wirken, deren Resultirende im Schwerpunkt des Körpers angreift. Diese Wahrheit, welche Bohnenberger durch einen sinnreichen Apparat anschaulich zu machen wußte, findet unmittelbare Anwendung auf die Drehung der Erde. Während sie um die Sonne kreist, bleibt die nämliche Stelle des Himmelsgewölbes stets der Angelpunkt, um welchen sich die Gestirne in Parallelkreisen zu bewegen scheinen.

Am 21. März bildet die Verbindungslinie zwischen Sonne und Erde einen rechten Winkel mit der Erdaxe, die Bewohner des Aequators sehen um Mittag die Sonne senkrecht über ihren Häuptern; für jeden andern Ort der Erde ist der Zenithabstand der Sonne um Mittag ihrer geographischen Breite gleich, wenn man von dem Einfluß der Lichtbrechung in der Atmosphäre absieht, welcher, namentlich für die Bewohner höherer Breiten die Sonne um ein Merkliches höher, dem Zenith näher erscheinen läßt. Während die Erde den vierten Theil ihrer Bahn vom Frühlingsäquinoctium bis zum Sommersolstitium beschreibt, wachsen die Mittagshöhen der Sonne und die Länge der Tage in der nördlichen Erdhälfte, sie nehmen am Aequator und der südlichen Erdhälfte ab, die Südpolargegend versinkt in ihre mehrmonatliche Nacht; am 21. Juni sehen die Bewohner des 23sten nördlichen Breitegrades die Sonne um Mittag im Zenith, für alle nördlich vom Nordpolarkreise gelegenen Punkte geht sie an diesem Tage nicht unter, während sie südlich von 66° 32′,5 S. Br. an demselben Tage nicht gesehen wird. Die nördliche Erdhälfte hat ihren längsten, alle Orte der südlichen Erdhälfte haben ihren kürzesten Tag. Während des nächsten Vierteljahres nähert sich der Mittagsstand der Sonne wieder mehr und mehr dem Himmelsäquator und erreicht diese Linie am 22. September, an welchem für alle Punkte der Erde aufs Neue gleiche Länge des Tages und der Nacht eingetreten ist. Von da bis zum 21. December nehmen die Mittagshöhen der Sonne nnd die Tageslängen in der nördlichen Erdhälfte immer mehr ab, während sie in der südlichen Hälfte wachsen. Der 21. December bezeichnet die Mitte des Sommers für die südliche Halbkugel, da hier die Bestrahlung durch die Sonne sich am Meisten der senkrechten Richtung genähert hat und die Nächte am Kürzesten sind. Die Gegenden jenseits des nördlichen Polarkreises

sind nun in Nacht versenkt. Sie haben eine lange Dämmerung, während die Sonne sich vom 21. December bis 21. März dem Aequator wieder nähert, und erst gegen Ende dieses Zeitraumes würde ein Bewohner des Nordpoles das Gestirn des Tages wieder über seinen Horizont treten sehen, über welchem es dann länger als ein halbes Jahr verweilt.

Bekanntlich befindet sich die Erde zur Zeit des Sommers der nördlichen Hälfte nicht weit von demjenigen Scheitel ihrer elliptischen Bahn, welcher von der Sonne am Weitesten absteht; sie bewegt sich in der Jahreshälfte von Ende März bis Ende September etwas langsamer, als von Ende September bis Ende März, daher Frühjahr und Sommer der nördlichen Erdhälfte etwa 7,7 Tage länger dauern, als Herbst und Winter. Doch ist der thermische Einfluß dieser ungleichen Dauer um so unerheblicher, als er zum größten Theil durch die größere Entfernung wieder ausgeglichen wird. Die Abstände der Erde in der Sonnennähe und Sonnenferne verhalten sich wie 0,9832 zu 1,0168, oder es ist die Excentricität der Erdbahn gleich 0,0168.

Sobald man die Abhängigkeit der irdischen Zustände von der Stellung der Erde zur Sonne erkannt hat, gewinnt die Frage Interesse, welche Aenderungen in dieser Stellung im Laufe der Jahrhunderte eintreten, und von welchem Einfluß diese Aenderungen auf die Beschaffenheit der Erdoberfläche sein können. Die große Axe der Erdbahn behauptet eine durch alle Zeiten gleiche Länge, aber die kleine Axe und somit die Excentricität ändert sich; auch die Schiefe der Ekliptik bleibt nicht dieselbe; allein alle diese Aenderungen gehen nicht in Einem Sinne fort, sondern schwanken in langen Perioden zwischen so engen Grenzen, daß aus der ganzen Aenderung während einer Periode kaum ein bemerkbarer Einfluß auf die Temperaturverhältnisse im Allgemeinen, sowie ihrer Vertheilung in den Zonen und Jahreszeiten hervorgehen kann. Noch viel weniger konnte in der verhältnißmäßig kurzen Zeit der geschichtlichen Ueberlieferung von Temperaturbeobachtungen und klimatischen Verhältnissen ein solcher Einfluß wahrgenommen werden. Die Excentricität der Erdbahn, jetzt gleich 0,0168, nimmt ab, und erreicht nach etwa 24000 Jahren den kleinsten Werth von 0,0039, um nachher wieder zu wachsen. Eine so geringe Zunahme der kleinen Axe der Erdbahn, im Verhältniß von 1 : 1,00027, hat eine entsprechende Abnahme der Wärmeintensität zur Folge, die aber der Messung, selbst mit unsern besten Instrumenten, nicht zugänglich ist. Es giebt indessen eine Aenderung in den Erdbahnelementen, welche nicht periodisch innerhalb gewisser Grenzen erfolgt, sondern stetig mit der Zeit vorschreitet; die große Axe der Erdbahnellipse schwenkt sich im Raume im Sinn der Bewegung des Erdkörpers jährlich um $0^{0},0172$, und nach Dem, was oben bezüglich der ungleichen Länge der Jahreszeiten bemerkt worden ist, leuchtet ein, daß hierin im Laufe der Jahrhunderte kleine Aenderungen stattfinden müssen. 4000 Jahre v. Chr. Geburt fiel die große Axe der Erdbahn mit der Richtung der Nachtgleichenlinie zusammen, und damals war die Länge der wärmeren Jahreszeiten derjenigen der kälteren völlig gleich. Dasselbe Verhältniß wird 6470 Jahre n. Chr. wieder stattfinden. Im Jahr 1250 n. Chr. war der Ueberschuß in der Dauer der wärmeren Jahreszeiten am größten, etwa 8 Tage; gegen das Jahr 11700 n. Chr. wird das Umgekehrte stattfinden. Wenn auch die hierdurch bedingten Aenderungen in der Temperatur der Erde, welche sich im Laufe der Jahrhunderte häufen, nicht ganz unmerklich sind, so bleiben sie doch immer klein, und für den Zeitraum, in welchem man Instrumente zu genauen Temperaturbestimmungen kennt und anwendet, sind sie völlig verschwindend.

Noch bleibt uns ein Wort über die Aenderungen in der Schiefe der Ekliptik

zu sagen. Die Ebene des Aequators nähert sich in unsern Zeiten der Ebene der Erdbahn und zwar im 19ten Jahrhundert um 48·37 Secunden. Schritte diese Aenderung in gleicher Weise stetig fort, so würde im Jahre 179300 unserer Zeitrechnung die Erdaxe auf der Erdbahn rechtwinklig stehen. Während des ganzen Jahres würde dann in allen Zonen der Erde Tag und Nacht gleiche Länge haben und die gemäßigten Zonen genössen fortwährend die Temperatur des Frühlings. Allein die Annäherung der Aequatorebene an die Erdbahn beträgt im folgenden Jahrhundert schon weniger als 48″, die Schiefe der Ekliptik erreicht nach Lagrange's Untersuchungen im Jahre 6600 n. Chr. einen kleinsten Werth von 22° 54′ und überhaupt ändert sie sich nur innerhalb der Grenzen von 21° und 28°. Der Einfluß dieser Schwankungen auf die größten Tageslängen und die klimatische Beschaffenheit in den verschiedenen Zonen kann demnach überhaupt nur ein geringer sein; da seit 1100 v. Chr. bis heute die Schiefe der Ekliptik nur um 24′ 30″ abgenommen hat, so ist jener Einfluß, gleich den früher besprochenen, in der historischen Zeit völlig unbemerkbar.

Ohne Zweifel senden uns der Mond, die Planeten, sowie die Fixsterne mit dem Lichte auch Wärme zu, allein von zu geringer Intensität, um gemessen oder nur wahrgenommen zu werden. Unsre Betrachtungen führen uns daher zu dem Gesammtresultate, daß in den Beziehungen des Erdkörpers zu dem Planetensystem, welchem er angehört, nichts gelegen ist, wodurch eine irgend merkliche Aenderung des dermaligen Temperaturzustandes herbeigeführt werden könnte. Wenn dennoch untrügliche Anzeichen dafür sprechen, daß die Erde früher eine höhere Temperatur besessen, sowie daß anderseits in gewissen Gegenden in einem früheren Zeitraum eine niedrigere Temperatur geherrscht hat, so müssen andre Ursachen für jene Zustände aufgesucht werden.

Gegenüber dem ziemlich weit verbreiteten Glauben, daß es zusehends kälter auf der Erde werde, ein Glaube, dessen Motive meist rein subjectiver Art sind, läßt sich auf verschiedenem Wege der Beweis führen, daß in den historischen Zeiten eine irgend merkliche Temperaturabnahme nicht stattgefunden hat; und es ist damit zugleich dargethan, daß in diesem Zeitraum weder die Erwärmungskraft der Sonne sich vermindert, noch ein Verlust von innerer Erdwärme sich bemerkbar gemacht haben kann.

Es ist in der Physik dargethan worden, daß die Umdrehungsgeschwindigkeit, welche eine gegebene Masse unter Einwirkung irgend einer Stoßkraft annimmt, von der Vertheilung der Masse gegen die Drehaxe abhängt[1]).

Je dichter die Masse um die Drehaxe zusammengedrängt ist, desto geringer ist ihr Trägheitsmoment, eine desto größere Drehungsgeschwindigkeit ertheilt ihr die nämliche Kraft. Hätte sich die Erde in historischen Zeiten merklich abgekühlt, so müßte ihr Volum sich verringert und damit ihre Umdrehungsgeschwindigkeit zugenommen haben. Nimmt man eine mittlere Abkühlung um 1° Grad an und den mittleren Ausdehnungscoefficienten der Erdmasse gleich derjenigen des Quarzes und des Eisens, nämlich etwa zu 0,00001; so müßte der Sterntag um 0,00002 seiner Dauer, d. h. um 1,7 Sekunden kürzer geworden sein. Die Aufzeichnung von Finsternissen zu Hipparch's Zeiten (130 v. Chr.) geben uns sehr genau die Umlaufszeit des Mondes in der damaligen Länge des Sterntages ausgedrückt; und die Vergleichung mit der Umlaufszeit des Mondes, gemessen mit der heutigen Länge des Sterntages, zeigt, daß diese Länge sich seit Hipparch nicht um den 100ten Theil einer Sekunde geändert hat; demnach

[1]) Physik, S. 57. Hiermit verweisen wir auf die dem zweiten Band der neuen Realencyclopädie angehörige „Physik in ihren wichtigsten Resultaten.“

kann die Abkühlung der Erde in diesem Zeitraume noch nicht $1/_{170}$ eines Grades betragen.

Zu dieser Beweisführung, welche wir Laplace verdanken, hat Arago noch eine Menge Belege zugefügt, welche aus dem Gedeihen verschiedener Culturgewächse in einigen Erdstrichen entnommen sind. So machte er unter Andern darauf aufmerksam, daß die Dattelpalme nur bei einer mittleren Jahrestemperatur von 21° reife Früchte bringe, der Weinstock aber da nicht mehr gebaut werden könne, wo die mittlere Temperatur über 22° sich erhebe. Die mittlere Temperatur von Palästina, welches zu Moses Zeiten Datteln und Trauben in Fülle hervorgebracht habe, bestimme sich danach zu etwa 21°,5 für jene entlegene Zeit. Die nämliche mittlere Jahrestemperatur komme diesem Erdstrich noch heutiges Tages zu, so daß also seit 3300 Jahren das Klima von Palästina sich nicht merklich geändert haben kann.

II. Die Wirkungen des Wassers.

Licht und Wärme geben uns Kunde von dem Dasein des Centralkörpers, um welchen die Erde sich bewegt; das unsichtbare Band aber, durch welches sie an jenen Körper gebunden und in ihrer Bahn erhalten wird, ist die allgemeine Schwere. Der fallende Stein, das fließende Wasser, unzählige andere Erscheinungen verrathen das Dasein einer anziehenden Kraft des Erdkörpers gegen seine Theile, aber nur ein einziger Vorgang an der Erdoberfläche selbst kündigt dem aufmerksamen Beobachter an, daß mächtige Anziehungskräfte von Außen auf die Erde wirken; es ist dieß die Erscheinung der Ebbe und Fluth (Meeresgezeiten), deren Erklärung aus der Anziehung des Mondes, und der Sonne im Allgemeinen in der Physik[1]) bereits gegeben wurde. Die Anziehung des Mondes auf die Erdmitte ist zwar etwa 195 mal schwächer, als die der Sonne; da es aber nur der Unterschied zwischen der Anziehung auf die nächsten Punkte der Meeresoberfläche und die Erdmitte, oder auf die Erdmitte und die entferntesten Punkte der Meeresoberfläche ist, welche die beiden Fluthwellen erzeugt, so kommt bei dem Mond, seiner größeren Nähe wegen, ein 400 mal größerer Antheil seiner ganzen Anziehungskraft in der Fluthwelle zur Wirksamkeit, so daß demnach die Mondfluth $400/_{195}$ mal oder sehr nahe doppelt so stark ausfällt, als die von der Sonne erzeugte Welle.

Nur bei Voll- und Neumond gehen die beiden Fluthwellen zu stärkeren Fluthen, den Springfluthen, zusammen, während sie sich im ersten und letzten Viertel des Mondes theilweise aufheben, so daß die weit schwächeren Nippfluthen übrig bleiben. Die mannichfachen Aenderungen, welche sich aus diesen verschiedenen Stellungen beider Gestirne gegen den Meridian eines Küstenortes, in der Stärke und der Zeit des Eintreffens des Hochwassers ergeben, sind hauptsächlich durch die Untersuchungen von Laplace ebenso vollständig als Folgerungen aus dem allgemeinen Gesetz der Massenanziehung erkannt worden, als dieß mit dem Einfluß der Fall war, welchen der größere oder geringere Abstand des Mondes und der Sonne von der Erde, sowie die Declination dieser Gestirne auf die Fluthen äußern. Jener Forscher zeigte, warum in den Aequinoctien, und noch mehr, wenn zu dieser Zeit eine Finsterniß statthat, die höchsten Springfluthen eintreten. Man darf die vollständige Harmonie zwischen Beobachtung und Theorie in einer so verwickelten Erscheinung als eine

[1]) Physik, S. 51.

glänzende Bestätigung der Newton'schen Hypothese betrachten, von gleichem Rang mit derjenigen, welche die Berechnung der Planetenstörungen bietet.

Nur wenn die Erde überall mit einer gleich tiefen Meeresschichte bedeckt wäre, würden die Fluthwellen einem ganzen Erdmeridian entlang sich entwickeln und Sonne und Mond bei ihrem Durchgange durch die verschiedenen Erdmeridiane begleiten. Aber auch dann könnte das Hochwasser nicht gleichzeitig mit dem culminirenden Gestirne, sondern erst einige Zeit nachher eintreffen, da die Fluthwelle eine gewisse Zeit zu ihrer vollen Entwicklung bedarf. Die meisten Meere der Erde haben indessen eine zu geringe Erstreckung von Ost nach West, um eine selbständige Ausbildung der Fluthwelle zuzulassen. Selbst der atlantische Ocean, welcher sich über 40 bis 50 Längegrade erstreckt, ist für eine vollständige Ausbildung der Fluth, welche einen vollen halben Erdumfang verlangt, zu schmal. Nur in der ungeheuren Wassermasse des stillen Oceans und der Südsee sind die nöthigen Bedingungen vereinigt und darum ist hier die eigentliche Heimath der Fluthwellen, welche sich dann als abgeleitete Fluthen in die meisten andern Meere ganz nach dem Gesetze der Wellenbewegung fortpflanzen. Whewell hat nach zahlreichen Beobachtungen an Küsten und auf Schiffen die Gestalt und Geschwindigkeit der abgeleiteten Fluthwellen zu bestimmen gesucht. Auf seiner Karte sieht man, wie jene Wellen, um Neuholland biegend, in den indischen Ocean gelangen, in 12 Stunden den Weg von Van Diemensland bis zur Südspitze von Afrika zurücklegen. Sie treten dann in den atlantischen Ocean ein und indem sie ihn in der Richtung von Süden nach Norden durchströmen, gelangen sie in etwa 15 Stunden zu den Küsten Englands. Untiefen des Meeres, seichte Küsten, Inseln und Vorgebirge verzögern oder hemmen ihren Lauf. So braucht die Fluth, um durch den Canal in die Nordsee zu gelangen, etwa 8 Stunden, also ungefähr die nämliche Zeit, in welcher sie den ungeheuren Raum vom Cap bis zu den westindischen Inseln durcheilte. In die Nordsee gelangt die Fluth noch auf dem längeren Wege um die Nordspitze von Schottland und an der Mündung der Themse kommt das Hochwasser gleichzeitig mit demjenigen an, welches der folgenden Fluth angehörig, inzwischen durch den Canal gegangen ist. Hier wirken also die Fluthwellen zweier Tage verstärkend zusammen. Diese Betrachtungen lehren, wie ungleich die Zeiträume sein müssen, welche in den verschiedenen Hafenorten zwischen dem oberen und unteren Durchgang des Mondes durch den Meridian und dem Eintreffen des Hochwassers verstreichen. Da übrigens, abgesehen von der veränderlichen Stellung von Mond und Sonne gegeneinander, alle Einflüsse, welche jene Zeit für einen gewissen Ort bestimmen, stets die nämlichen bleiben, so läßt sich, wenn dieselbe für einen Küstenplatz einmal bestimmt ist, das Eintreffen der Fluth für alle Fälle genau voraus berechnen. Nur muß die Bestimmung jener Constanten, der sogenannten Hafenzeit, für eine bestimmte gegenseitige Stellung von Mond und Sonne vorgenommen werden. Man wählt hierzu die Zeit des Neu- oder Vollmondes. In dem Hafen von Brest z. B., welcher durch die daselbst angestellten regelmäßigen Beobachtungen für die Theorie der Ebbe und Fluth eine besondre Wichtigkeit erlangt hat, kommt die Springfluth etwa anderthalb Tage nach dem Meridiandurchgang des Neu- oder Vollmondes an.

Wie in der Zeit ihres Eintreffens, so erleidet die Fluth auch bezüglich ihrer Stärke die mannichfaltigsten Veränderungen auf dem Wege aus dem stillen Meere zu den Küstenplätzen der bewohnten Erde. Nennt man den Unterschied im Wasserstand einer Ebbe und dem Mittel der vorhergehenden und folgenden Fluth die volle Fluthhöhe, so beträgt diese im großen Ocean etwa

1 Meter. Die nämliche Höhe beobachtet man bei St. Helena, etwas mehr, 1m,3 Meter an den westindischen Inseln. An den Küstenplätzen zu beiden Seiten des Canals werden 5 bis 6 Meter hohe Fluthen beobachtet. Hier drängen sich die Wasser in einen engeren Raum und häufen sich darum an. In höherem Grade äußert sich diese Wirkung am hinteren Ende geschlossener Buchten. Bei St. Malo steigt die Fluth aus diesem Grunde bis zu 16 Meter, in der Fundybay in Neuschottland selbst bis zu 22 Meter, während sie am Eingang dieses Meerbusens nur eine Höhe von 3 Meter erreicht. Merkwürdige Erscheinungen der Welleninterferenz treten an solchen Orten ein, wo die Fluthwellen auf mehren ungleich langen Meeresarmen hingelangen. Hierauf beruht es z. B., daß man im George's Sund an der Südküste von Neuholland und bei den Wellesleyinseln im Norden von Neuholland nur Eine tägliche Fluth beobachtet. Die nämliche Erscheinung ist im Tonkin-golf wahrgenommen worden, wo die Insel Hainan zwei ungleich lange Meeresarme mit dem Festlande bildet.

Wenn die Fluth durch Meerengen in weitere Meere eintritt, verflacht sie sich und wird erst da wieder sichtbar, wo sich in engeren Buchten die Wellen zusammendrängen. An den Küsten im Vordergrunde des Mittelmeeres hat die Fluth nur die geringe Höhe von 1/3 Meter, sie steigt dagegen bei Venedig und Triest wieder bis zu 1,3 Meter an. Die Verbindungen der Ostsee mit den großen Meeren ist eine zu wenig directe, die See selbst ist zu seicht, als daß dort eine bemerkbare Fluthwirkung noch bis zu ihren Küsten dringen könnte.

Die Fluth pflanzt sich nur als Welle fort, und es wird keineswegs die ganze bewegte Wassermasse von Meer zu Meer getragen. Doch geht es ganz ohne ein Ueberströmen von Wasser nicht ab, da nach Verlauf von 3 Stunden das Ebbethal von dem Fluthberg ausgefüllt, nach abermals 3 Stunden zu einer Fluthwelle erhoben sein muß. Wäre die Erde ganz mit Wasser bedeckt, so würde ein Ebbeviertel etwa 100 Kubikmeilen Wasser weniger enthalten als ein Fluthviertel, und innerhalb 6 Stunden müßten diese über einen Erdquadranten hinströmen. Die Wasser, welche sich zur Fluth aufthürmen, werden auf einzelnen Meereswellen fortgeführt und auf offenem Meere ist es nur die Aenderung in der Richtung dieser Strömung, welche dem Schiffer den Wechsel von Fluth und Ebbe anzeigt.

An steilen Küsten schlagen die Wellen, welche die Fluth bringen, donnernd an und zerschellen, um nachfolgenden mächtigeren Wellen Platz zu machen. Das großartige Schauspiel, welches die nahende Fluth bietet, wird zum Furchtbaren gesteigert, wenn Sturmwinde die Wirkung der Fluthwellen verstärken (Sturmfluthen). An klippenreichen zerrissenen Küsten bilden sich zur Fluthzeit Meereswirbel, in welchen sich die brandenden Wogen zu verlieren scheinen (Malstrom, Charybdis).

Auf steile, felsige Küsten wirkt die Gewalt der Fluthwellen nagend und zertrümmernd, die leichteren Trümmerstücke werden durch die folgenden Wellen gehoben und in Massen gegen die Felswände geschleudert. Was auflöslich und zerreiblich ist, wird ausgewaschen, aber auch der härteste Fels widersteht auf die Dauer den unaufhörlich andringenden Kräften nicht: die Küsten weichen zurück und die Trümmer versinken auf den Meeresgrund. Die Küsten von England, welche dem Andrange der atlantischen Wogen ausgesetzt sind, bieten die mannichfachsten Beispiele jener Meereswirkungen, oft in den barockesten Formen der noch inselartig stehen gebliebenen Trümmerfelsen dar, welche früher mit dem festen Lande zusammenhingen.

An flachen Ufern ist die Wirkung des Meeres eine scheinbar friedlichere,

aber die gegen die Klippen stoßende Brandung ist dem angrenzenden Lande und der Cultur weit weniger Verderben bringend, als das stetige Vordringen des Dünensandes, welchen die Fluthwellen bringen und die Ebbe den austrocknenden Strahlen der Sonne und dem Spiel der Winde preisgibt. Wo die örtlich vorherrschende Windrichtung nach dem Lande hingeht, schreiten die Dünenhügel unwiderstehlich voran und begraben Wälder, Culturboden und Dörfer im Sande. An der Medocküste in Frankreich, am Busen von Biscaya sind mehre Dörfer, ist eine Römerstraße zwischen Bordeaux und Bayonne unter dem Sande verschwunden, andern Dörfern droht der Untergang. Menschliche Hülfe durch Anbau von Hecken und Wald vermag nur wenig gegen dieses Vorrücken, welches, dem Zuschauer kaum bemerkbar, im Laufe eines Jahres oft mehr als 20 Meter beträgt.

Weit umfassender, als diese Wirkungen des Meeres, sind die Veränderungen, welche das Wasser auf seinem durch die Sonne bewirkten Kreislaufe in der Beschaffenheit der Erdoberfläche hervorbringt. Die Wassermassen, welche sich unter Einwirkung der Sonnenwärme jährlich aus den Meeren und Seen erheben und dann in der Form von Wolken über die Länder hingetrieben, meist als Regen und Schnee, namentlich an waldigen Höhen und den Kämmen hoher Gebirgszüge niederfallen, würden hinreichen, die Oberfläche der Länder mit einer mehr als ein Meter hohen Schichte zu bedecken. Diese ganze Wassermasse findet indessen, indem sie zum Theil über den Boden hinfließt, zum Theil in denselben eindringt und dann in Quellen wieder zu Tage kommt, durch Bäche und Flüsse ihren Weg zum Meere zurück. Aber das Wasser der Quellen und der Flüsse ist nicht mehr das reine Wasser, welches nur mit den in der Atmosphäre enthaltenen Gasen, mit gewöhnlicher Luft, Kohlensäure und etwas Ammoniak geschwängert, niederfiel. Es enthält vielmehr, wo es auch aus der Erde zu Tage kommt, Salze aufgelöst und die sogenannten Mineralquellen haben nur Das voraus, daß bei ihnen der Gehalt an Salzen oder gewissen Gasen (Kohlensäure, Schwefelwasserstoffgas) das gewöhnliche Maß überschreitet. Im Wasser der Flüsse findet man außer den gelösten Salzen feine erdige Theile schwebend, um so mehr, je rascher ihr Lauf ist, und am Boden führen sie gröbere Erdtheile und Steingerölle in großen Mengen fort.

Viele Bestandtheile der Gebirgsmassen sind im Wasser an und für sich in größerer oder geringerer Menge löslich, wie namentlich die Chlor-, Brom- und Jodverbindungen der Alkalien und alkalischen Erden, viele schwefelsaure und kohlensaure Salze, auch die Kieselsäure in einem gewissen Zustande; zur Lösung andrer wird das Wasser durch die Gase befähigt, welche es aus der Atmosphäre mitbringt, oder an vielen Orten in größerer Menge in der Tiefe aufnimmt. G. Bischof berechnet, daß die Pader bei einem Gehalt von $\frac{1}{4000}$ an kohlensaurem Kalk aus dem Kalkgebirge, in welchem sie entspringt, jährlich einen Würfel an fester Substanz von 30 Meter Seite, die Lippe und Alme mit einigen kleineren Wassern, bei $\frac{1}{5500}$ bis $\frac{1}{4500}$ Kalkgehalt, einen Würfel kohlensauren Kalkes von 32,5 Meter Seite ausspülen. Der Bohrbrunnen zu Neusalzwerk unweit Minden fördert jährlich so viel Kochsalz zu Tage, als einen Würfel von 23 Meter Seite füllen würde. Man denke sich diese Wirkungen durch viele Jahrtausende fortgesetzt und man wird begreifen, wie ganze Berge von dichtem Kalkgestein in porösen Dolomit umgewandelt werden, und wie die ungeheuren Höhlen sich bilden konnten, an welchen die Kalkgebirge so reich sind. Die Nebelhöhle im Jurakalk der schwäbischen Alb bietet ein großartiges Beispiel der auflösenden Wirkung des Wassers.

Die atmosphärischen Wasser befördern die Verwitterung der Gesteine in

mehrfacher Weise. Sie bahnen dem Sauerstoff der Luft den Weg, und wenn sie im Winter gefrieren, sprengen sie die Gesteine, welche sie durchdrungen hatten. Die Kämme und Abhänge der Gebirge werden so unaufhörlich benagt und Thäler werden in die Seiten der Berge eingegraben. — Ein merkwürdiges Beispiel der zertrümmernden Gewalt des strömenden Wassers bietet der Niagara. Seine Gewässer fließen beim Austritt aus dem Eriesee mit sehr geringem Falle in einer Hochebene mit so ruhigem Spiegel fort, daß sie nur eine Verlängerung des Sees zu bilden scheinen. In der Nähe des Falls nimmt die Stromgeschwindigkeit zu und die Wasser stürzen dann über 50 Meter hoch herab in eine Schlucht, in welcher sie 7 Meilen fortfließen, ehe sie die niederen Gegenden des Ontariosee's erreichen. Die Stelle des Falles weicht jährlich weiter zurück, und Alles deutet darauf hin, daß die Schlucht von 7 Meilen Länge im Laufe der Jahrtausende (man hat berechnet in 35000 Jahren) ausgewaschen wurde und der Wasserfall einst bei der Stelle sich befand, wo jetzt Queenstown liegt und wo das Hochland sich in die Niederung herabsenkt. Ebenso mag wohl im Lauf künftiger Jahrtausende der Wasserfall sich endlich bis zum Eriesee zurückgraben und diesem See einen Abfluß verschaffen.

Die Trümmer, welche die Regengüsse, die Gletscher und Gebirgsbäche den Thälern zuführen, werden von den Flüssen mit fortgenommen. Sie werden nur langsam fortgeschleppt, wo der Fall im unteren Laufe der Flüsse gering ist, und wo diese durch Landseen oder ins Meer strömen, setzen sie zunächst die gröberen Geschiebe und Gerölle, weiter hinaus den feineren Schlamm ab. Die Seen müssen daher im Laufe der Jahrtausende allmälig versanden, so daß zuletzt nur die Breite des Flußbettes übrig bleibt. An den Mündungen der Flüsse treten neue Landbildungen auf, welche den Namen der Delta erhalten haben. Am ungestörtesten erfolgen diese Bildungen in Meeren, welche keine Gezeiten oder doch nur schwache Fluthwellen besitzen. So z. B. an den Mündungen des Nil und des Po. Adria soll in alter Zeit von den Wellen des adriatischen Meeres bespült worden sein, im 12ten Jahrhundert lag es bereits 10000 Meter vom Meere entfernt, heutzutage ist der äußerste Punkt des Landes bis auf 32000 Meter von Adria vorgerückt und das mittlere jährliche Vorrücken in den letzten 200 Jahren berechnet sich zu 70 Meter. An den Küsten, welche starken Fluthen ausgesetzt sind, wird durch diese die Deltabildung kleiner Flüsse vereitelt, das Sediment wird durch die Wogen weit fort ins Meer geführt. Größere Ströme dagegen, wie der Missisipi und der Amazonenstrom, setzen trotz der Fluthen Land an. Diese Flüsse bringen außerdem von ihren waldigen Ufern jährlich viele Hunderttausende von Baumstämmen mit, welche zum Theil ins Meer treiben, zum Theil aber auch unter dem Gerölle und Schlamme der Deltabildungen begraben werden, zugleich mit einem bunten Gemenge von Thierresten des Landes und Meeres. De la Bèche berechnet, daß der Ganges täglich über 24 Millionen Kubikmeter Sediment ins Meer führt, wenn der Gehalt nur zu 2 Procent der Wassermasse angenommen wird. Ist das Meer dort ¼ Meile tief, so muß der Ganges in 6000 Jahren über 500 Quadratmeilen Land, eine Fläche gleich der des Königreichs Belgien, angesetzt haben.

Die Schichten, welche durch die Thätigkeit der Flüsse auf dem Meeresboden abgelagert werden, wechselnd von dem feinstgeschlämmten Thone bis zu grobem Geschiebe, erhalten noch mehr Mannichfaltigkeit durch die chemischen Niederschläge, namentlich von kohlensaurem Kalk aus den Flußwassern, welcher sich absetzt, wenn die ihn lösende Kohlensäure entweicht. Nimmt man die organischen Reste hinzu, welche in die Ablagerungen eingeschlossen werden, so

gewinnt man eine Vorstellung von der Bildung der sedimentären Schichten, welche jetzt einen so großen Theil der Festländer bedecken und ihren Charakter als vormaliger Meeresgrund deutlich zu erkennen geben.

Der unaufhörlich sich erneuernde Auslaugungsprozeß durch die circulirenden Gewässer führt dem Meere eine Menge löslicher Salze zu, welche somit den Salzgehalt des Meerwassers stetig, wenn auch langsam, erhöhen müssen. Die Summe der festen Bestandtheile im Wasser aus den verschiedensten Meeren und aus allen Breiten schwankt in unsern Zeiten zwischen 3,2 bis 3,8 Procent; 2,5 bis 2,9 Procent macht allein das Kochsalz aus. Nimmt man den Gehalt an diesem Salz in den zum Meere zurückkehrenden atmosphärischen Wassern nur zu einem Milliontel an, so findet man, daß diese Wassermasse, welche sich aus einer mittleren Regenhöhe von 1 Meter auf etwas mehr als 300 Kubikmeilen berechnet, jährlich mehr als 60000 Millionen Kilogramme Kochsalz dem Meere zuführt. Man hat das Wasser der Flüsse zwar zu weniger als 100 Kubikmeilen jährlich geschätzt, allein es ist auch nicht zu bezweifeln, daß ein größerer Theil der aus den Meeren verdampfenden Wassermenge in unterirdischen Kanälen dem Meere wieder zuströmt, um so mehr, als die häufigsten Niederschläge ohnehin über den Küstenländern statthaben.

Selbst da, wo die Kälte auf den Kämmen hoher Gebirge oder in den Polarregionen das Wasser zu Eis erstarren läßt, übt dieses noch einen mächtigen Einfluß auf die Beschaffenheit der Erdoberfläche und dient, Geschiebe und selbst große Felsblöcke in Menge auf weite Entfernungen fortzutragen. Aus den Wirkungen, welche die Gletscher und Eisgänge heutzutage entfalten, und welche vorzüglich in den Alpen, den Gebirgen Skandinaviens und Amerika's beobachtet worden sind, hat man die Lösung des Räthsels entnommen, welches das Vorkommen mächtiger Felsstücke weit von ihrer ursprünglichen Lagerstätte (erratische Blöcke, in der Ebene Norddeutschlands skandinavischen Ursprungs, in Süddeutschland aus den Alpen) den Forschern bot.

In vielen Thälern der genannten Gebirge sieht man zusammenhängend mit dem ewigen Schnee, welcher die Gipfel bedeckt, aber weit unter die Grenze desselben herabgehend, Eismassen, aus deren unteren Enden ein reichlicher Wasserabfluß Bächen und Flüssen ihre Entstehung gibt. Die Rhone, der Rhein entspringen bekanntlich aus dem Gletschereis. Zunächst an der Grenze des ewigen Schnees ist das Eis körnig und undurchsichtig (Firnschnee), je weiter nach Unten, desto homogener und klarer wird es, und wo breitere Spalten, mit reinem Eise aus gefrorenem Gletscherwasser gefüllt, eine Durchsicht gestatten, wird der Beobachter von dem Anblick des reinsten Azurblau, der natürlichen Farbe des Wassers und Eises, überrascht. Am untern Ende schmelzen die Gletscher in reichlichem Maße ab; in besonders heißen Sommern zieht sich zwar in Folge hievon der Gletscher etwas thalaufwärts zurück, in kühlen Jahren aber rückt er wieder vor und im Ganzen behauptet er eine mittlere Stellung. Es gibt Umstände genug, welche beweisen, daß der Ersatz des abgeschmolzenen Eises durch Nachrücken des Gletschers von Oben geschieht. Was von den Wänden der Thäler sich ablöst, Erde, Steine, Felsen, bleibt zu beiden Seiten auf dem Eise liegen; aber der genaueren Beobachtung entgeht es nicht, daß nach einiger Zeit die Trümmer nicht mehr gegenüber dem Orte ihres Ursprungs, sondern weiter thalabwärts zu finden sind. Es bewegen sich so zwei Steinreihen (Moränen) als seitliche Begrenzungen des Gletschers fort und man sieht in ihnen die Trümmer der Gesteine, welche an den Gletscherthälern von ihrem oberen Ende bis zum Standpunkte des Beobachters hinab anstehen, in buntem Gemenge. Höchst merkwürdig ist die Erscheinung, daß das Eis in der Mitte

des Thales rascher voranschreitet, als an den Seiten; nicht minder interessant die Art, wie oft Gletscher aus zwei Seitenthälern sich zu einer homogenen Masse in einem Hauptthale vereinigen, wie man dieß z. B. am Aargletscher, und schöner noch am Zusammengehen des Stock- und Marcellgletschers im Oetzthale sieht. Die zwei am Weitesten abstehenden Seitenmoränen gehen als solche fort, die beiden andern vereinigen sich zu einer Mittelmoräne. Das Eis ist einer zähflüssigen plastischen Masse vergleichbar, welche langsam den Abhang des Thales hinabfließt, und in der That kann man nicht zweifeln, daß der Gletscher durch ein einfaches Gleiten oder Rutschen in die Tiefe hinabgelangt. Dort wo er endlich der auflösenden Kraft der Wärme erliegt, sammeln die Moränen sich zu großen Steinwällen an, welche der Gletscher fortrückt oder über die er sich fortschiebt, wenn er in einem Jahre ausnahmsweise tiefer geht. Wo die Eismassen mit dem Boden in Berührung stehen, theilt ihnen dieser seine höhere Temperatur mit. Die Gletscherbäche, welche das abschmelzende Eis bildet, fließen, wenn auch spärlicher, noch im Winter; ihre Temperatur liegt zwischen 0° und 1°. Die schlüpfrige Beschaffenheit, welche sie dem Boden ertheilen, erleichtert das Fortrutschen des Gletschers und die Felsen, über welche diese Bewegung geht, verrathen durch Schliffflächen die mechanische Gewalt des rutschenden Eises; daß diese Gewalt eine sehr große sein müsse, geht schon aus dem ungeheuren Gewichte der bewegten Eismasse hervor. Agassiz hat die Dicke der Gletscher in den Alpen am oberen Ende auf 330, am unteren auf wenigstens 60 Meter geschätzt. Auch Messungen der Geschwindigkeit verdankt man diesem Forscher; das Vorrücken fand er im Winter am Langsamsten, im Frühjahr am Raschesten, das jährliche Vorrücken bei einigen Alpengletschern zu 100 Metern, so daß das Eis des Aargletschers z. B. 133 Jahre braucht, um von der Grenze des ewigen Schnees bis zum unteren Ende zu gelangen.

An der ganzen Oberfläche des Gletschers schmilzt das Eis, wenn es von der Sonne getroffen wird, das Wasser sickert in die Spalten oder verdunstet. Die fremdartigen Körper, welche auf das Gletschereis fallen, geben unter Einwirkung des stetig fortgehenden Schmelzungsprozesses zu manchen merkwürdigen Erscheinungen Anlaß. Wo eine dünne Schichte von Erde oder eine dünne Steinplatte das Eis bedecken, werden die Wärmestrahlen in größerer Menge eingesogen, es entstehen Vertiefungen im Eis, in welchen die fremdartigen Körper zu versinken scheinen. Gerade das Umgekehrte tritt da ein, wo dickere Steine und Felsblöcke den Zutritt der Sonnenstrahlen zum Eise hindern. Indem dieses rings herum abschmilzt, erscheinen jene Körper auf Eisstühlen getragen, gleichsam vom Gletscher ausgestoßen, bis die Sonnenstrahlen endlich seitlich zu den Stützen dringen und sie zusammenschmelzen.

In den Alpen reichen Gletscher (z. B. der untere Grindelwaldgletscher im Berner Oberland) bis zu 1000 Meter über der Meeresfläche herab, in Norwegen unter 67° N. Br. erstrecken sie sich bis zum Meere und an der Westküste von Patagonien begegnet man ihnen an der Meeresfläche schon unter 46°—47° S. Br. Die Eismassen, welche von diesen Gletschern losgerissen ins Meer stürzen, tragen auf ihrem Rücken Felsblöcke und Erde nach entlegenen Meeren und Küsten.

III. Die innere Erdwärme.

Die Erfahrungen, welche wir dem Leser in kurzen Zügen vorführten, umfassen die Veränderungen, welche das Wasser auf der Erdoberfläche hervorbringt. Sie reichten für den geistvollen Begründer der Geologie, Gottlob Werner, hin, um ein vollständiges System aller Umbildungen der Erdrinde darauf zu bauen. Daß dieses System erschüttert worden ist, daß die Geologie, namentlich durch John Hutton's und v. Buch's Arbeiten in eine neue Phase trat, beruht auf einer einzigen fundamentalen Wahrheit, welche durch Beobachtungen in den Schachten der Bergwerke und in den Bohrlöchern artesischer Brunnen außer Zweifel gestellt wurde, für welche die Natur selbst übrigens fast in jeder Quelle, am meisten in den sogenannten Thermen, außerdem in den Vulkanen und Erdbeben unverwerfliche Zeugen aufstellt, der Thatsache nämlich, daß die Erde im Innern eine weit höhere Temperatur besitzt, als an der Oberfläche. Das Eindringen in die Erde ist mühsam und schwierig; auch mag gegen den Halbmesser der Erde von 860 geogr. Meilen eine Tiefe von nicht $^1/_6$ Meile unter die Erdoberfläche, oder von $^1/_{12}$ Meile unter die Meeresfläche, in welche es bis jetzt vorzudringen gelungen ist, geringfügig erscheinen. Allein diese Tiefe hat hingereicht, um die Temperaturzunahme nach Innen festzustellen und die Zeugnisse der Thermen und Vulkane verständlich zu machen.

Die täglichen und jährlichen Schwankungen der Temperatur, welche die äußerste Oberfläche der Erde treffen, theilen sich, wegen der schlechten Leitfähigkeit der Erd- und Steinschichten für die Wärme, nur bis zu geringer Tiefe mit. Die Hitze des Tages und Kühle der Nacht wird in 1 Meter Tiefe nirgends mehr bemerkbar, in 20 Meter Tiefe äußert selbst in höhern Breiten die Sommerhitze und Winterkälte keinen Einfluß mehr, in der tropischen Zone herrscht schon in 1 Meter Tiefe eine das ganze Jahr durch constante Temperatur. Saussure wurde zuerst auf eine Zunahme der Temperatur im Innern der Erde aufmerksam. Er fand zu Bex im Kanton Waadt in einem Schacht, welcher seit drei Monaten von Niemand befahren worden war, in

104 Meter	Tiefe	eine	Temperatur	von	14°,4
183	„	„	„	„	15°,6
220	„	„	„	„	17°,4.

und bestimmte daraus unter der Berücksichtigung der mittleren Temperatur der Erdoberfläche die Tiefe, um welche man abwärts gehen muß, um eine Temperaturzunahme von 1° zu erhalten (Tiefenstufe), zu 43 Meter. Aus umfassenden Beobachtungen in preußischen Bergwerken ergab sich, daß die Tiefenstufe zwischen 16 und 115 Meter schwankte und im Mittel 54 Meter betrug; ähnliche Beobachtungen in sächsischen Bergwerken ergeben die Tiefenstufe zu 42 Meter. Der Zutritt der Luft in die Schachte, die Durchsickerung der Gesteine entweder mit kühlerem Wasser, welches oben eindringt, oder von wärmerem, welches aus der Tiefe heraufsteigt, erklären die Ungleichheiten in der Tiefenstufe, welche außerdem noch durch das äußere Relief des Terrains bedingt ist. In einzelnstehenden steilen Bergen wird man tiefer hinabgehen müssen, um eine gleiche Temperaturzunahme zu erhalten, als in ebenem und flachhügeligem Terrain. Auffallend kleine Tiefenstufen, wie sie in Monte Massi in Toskana im tertiären Gebirge (13,3 Meter) und bei Neuffen in Württemberg in einem 340 Meter tiefen Bohrloch (11 Meter) gefunden wurden, beruhen wohl auf benachbarter vulkanischer Thätigkeit, auf dem Eindringen

sehr mächtiger warmer Quellen oder auch wohl auf dem Brennen unterirdischer Kohlenflötze. In Jakutzk unter 62° N. Br., wo, wie in ganz Nordsibirien, der Boden auf eine bedeutende Tiefe das ganze Jahr hindurch gefroren bleibt und nur im Sommer kaum 1 Meter tief an der Oberfläche aufthaut, ist von dem Kaufmann Schergin ein Brunnenschacht von 116 Meter Tiefe gegraben worden, ohne daß damit die Eisschichte durchsunken wurde. Am unteren Ende zeigte das Thermometer immer noch beinahe 3° unter Null. Nichtsdestoweniger fand Middendorff auch in diesem Schachte eine allmälige Zunahme der Temperatur nach Unten, wie die folgenden Zahlen beweisen:

Tiefe.	Temperatur.	Tiefe.	Temperatur.
2,25 Meter.	—16°,7	30 Meter.	—6°,8
4,6 „	—12°,3	60 „	—5°,0
6 „	—11°,3	90 „	—3°,76
15 „	—8°,6	116 „	—3°,0

Wenn man aus diesen Beobachtungen weiter schließen darf, so würde man die Grenze der gefrorenen Schichte in Jakutzk noch etwa 80 Meter tiefer, also etwa in 200 Meter Tiefe zu suchen haben.

Die nämliche Regelmäßigkeit der Temperaturzunahme ist in den Bohrbrunnen beobachtet worden, welche springendes Wasser, zum Theil aus sehr bedeutenden Tiefen, zu Tage fördern. Ein richtiges Urtheil über diese Brunnen, welche nach der Grafschaft Artois in Frankreich ihren Namen führen, ist erst allgemein geworden, seitdem Arago seinen geistreichen Aufsatz über diesen Gegenstand bekannt gemacht hat. Durch zahlreiche zuverlässige Belege wird von diesem Forscher dargethan, daß die meteorischen Wasser bis in die Tiefen zu dringen vermögen, aus welchen der Strahl der artesischen Brunnen hervorkommt; daß ferner das jährlich niederfallende Wasser vollkommen hinreicht, den Wasservorrath aller Quellen in denjenigen Gegenden zu erklären, in welchen überhaupt zuverlässige Beobachtungen gemacht worden sind, und daß in den Flüssen nur der kleinere Theil der jährlichen Niederschläge zum Abfluß kommt. So fällt im Flußgebiet der Seine oberhalb Paris jährlich eine Wassermasse von nahe 23000 Millionen Kubikmeter nieder, während das in Paris unter der Revolutionsbrücke durchfließende Wasser im Mittel nur 8000 Millionen Kubikmeter jährlich beträgt. Was nicht in den Flüssen fortgeht, wieder verdunstet oder der Vegetation dient, dringt durch Sandschichten und Felsspalten in größere Tiefen ein. Aehnlich den Höhlenräumen, welche im höher gelegenen Kalkgebirg zugänglich sind, haben die hinabsinkenden Gewässer im Laufe der Zeiten große Behälter ausgewaschen, welche nun mit Wasser gefüllt sind, und man hat die sichersten Beweise, daß in vielen Gebirgsformationen unterirdische Bäche und Ströme auf große Entfernungen hingehen. Bei dem Bohren der Brunnen auf dem Schiffsausweicheplatz zu St. Ouen traf man auf fünf voneinander abgesonderte Wasserschichten, welche sämmtlich fähig waren, über das Bohrloch auszutreten:

Die erste Schichte in	36 Meter Tiefe.	Die vierte Schichte in	59,5 M. Tiefe.
„ zweite „ „	45,5 „ „	„ fünfte „ „	66,5 „ „
„ dritte „ „	51,5 „ „		

Nach Anbohrung der dritten Schichte sank der Bohrer plötzlich um etwa $1/3$ Meter und wurde von einer Strömung pendelartig hin- und hergeworfen. Bei dem weiteren Bohren brauchte man nachher den Bohrer immer nur bis zur dritten Schichte zu heben, um ihn von dem zerbröckelten Materiale, womit er gefüllt war, durch die Strömung reinigen zu lassen. Einen eben so schlagenden Beweis bietet die folgende Wahrnehmung. Als am 30. Januar 1831 die senk-

rechte Röhre des Springbrunnens zu Tours um 4 Meter verkürzt wurde, nahm die Geschwindigkeit des Ausflusses bedeutend zu, und das trübe hervorstürzende Wasser brachte aus einer Tiefe von 109 Metern unter einer Menge von Pflanzenresten, Süßwasser- und Landmuscheln, auch reife Samen mit herauf, welche offenbar erst im nächstvorhergehenden Herbste hinabgerissen worden waren.

Hauptsächlich an den Bergrücken bieten sich die sedimentären Schichten dem meteorischen Wasser in solchen Stellungen dar, um sein Eindringen zu gestatten. Wenn es dann unter Fels- und Thonschichten, welche entweder vollkommen wasserdicht sind, oder doch nur ein spärliches Durchsickern zulassen, in engeren oder weiteren Kanälen in die Ebenen hinabgeht, so steht es unter dem Druck der Wassersäule, welche sich in jenen Bergen erhebt. Ueberall, wo ein Bohrloch am Fuß der Gebirge oder in der Ebene nach Durchsinkung einer wasserdichten Schichte auf solche Wasserkanäle trifft, wird das Wasser zu einer Höhe über die Oberfläche der Erde emportreiben, welche durch die Höhe der drückenden Säule bedingt ist. Man hat bezweifeln wollen, daß das Gelingen des Erbohrens artesischer Brunnen in Ebenen, in welchen weit und breit kein Berg, keine Anhöhe sichtbar ist, mit jener Erklärung bestehen könne. Doch fehlt es nicht an zahlreichen positiven Erfahrungen, welche geeignet sind, diese Zweifel vollständig zu beseitigen. Man weiß, daß Flüsse im Boden versinken, um erst in sehr weiter Entfernung wieder zum Vorschein zu kommen. An manchen Stellen des Meeres trifft man Süßwasserquellen, welche einen senkrechten Strahl bis zum Meeresspiegel emportreiben. Von englischen Schiffen wurde eine solche Quelle im indischen Ocean, 45 geogr. Meilen von Chittagong und 36 Meilen von dem nächsten Punkt der Küste entfernt angetroffen, ein Beweis, daß Kanäle unter dem Meeresgrund das Wasser auf diese Entfernungen hin fortführen.

In Ebenen, welche sonst nur Fluß- oder Sumpfwasser aufzuweisen haben, namentlich in der Nähe großer Städte, wo das Wasser der oberen Erdschichten mannichfach verunreinigt wird, bewähren die artesischen Brunnen, welche reines Bergwasser aus großen Tiefen heraufsenden, ihren Nutzen. Zudem ist der Wasserreichthum mancher dieser Brunnen erstaunenswerth; Arago führt einen Brunnen bei Bages, in der Nähe von Perpignan, an, welcher in jeder Minute 2000 Liter Wasser liefert. Er wird noch übertroffen von dem Brunnen zu Grenelle in Paris, welcher in jeder Minute 2360 Liter, und daher für jeden Pariser täglich 4 Liter Wasser ausgiebt. Es ist begreiflich, daß so bedeutende Wassermengen zum Betriebe mechanischer Werke, sowie zur Bewässerung von Wiesen und Feldern benutzt werden können. Man hat übrigens auch im umgekehrten Sinne aus den Bohrschachten Nutzen gezogen, indem man durch Erbohrung einer wasserdurchlassenden Schichte die Entwässerung von nassem Gelände und die Fortschaffung schädlicher Wasser aus Fabriken möglich machte. Bei Bondy in Frankreich verschwinden in dieser Weise täglich 100 Kubikmeter Wasser im Boden, deren Ansammlung dem Landbau hinderlich sein würde (Arago).

In neuerer Zeit ist es an mehreren Orten geglückt, reichlich überfließende Salzsoolen zu erbohren. So z. B. die in mehrfacher Hinsicht interessanten Quellen zu Nauheim, sowie die schon angeführte zu Neusalzwerk, welche bei einer Tiefe von 678 Metern 595 Meter unter den Meeresspiegel hinabgeht. Sie liefert in 24 Stunden 2669760 Liter Soole und darin über 125000 Kilogramme Kochsalz. Zu Langenbrücken ist ein Schwefelwasser erbohrt worden, welches sich aus 19 Meter Tiefe noch 2,5 Meter über den Boden erhebt und eine Temperatur von 13°,4 mitbringt.

Die höhere, das ganze Jahr durch gleichbleibende Temperatur der Wasser artesischer Brunnen macht dieselben zu mannichfachen nützlichen Anwendungen geeignet. Man hat sie benutzt, um Wasserräder im Winter vom Eise frei zu halten, um Werkstättenräume, Glashäuser für Pflanzen und Fischteiche während des ganzen Jahres auf zweckmäßigen mittleren Temperaturen zu erhalten.

Eine höhere Temperatur, als das Jahresmittel der Oberfläche, findet man in jedem artesischen Brunnen, und im Allgemeinen ist der Unterschied um so größer, je tiefer der Brunnen ist; wie folgende Beispiele beweisen:

Ort.	Tiefe.	Temperatur.	Mittlere Jahrestemp. d. Ortes.
Rüdersdorf bei Berlin	286 Meter.	23°,5	8°,5
Grenelle in Paris	547 „	27°,7	10°,5
Neusalzwerk in Westphalen	678 „	32°,75	9°,0

Wenn der Bohrbrunnen zu Monte-Massi schon bei 380 Meter Tiefe (316 Meter unter der Meeresfläche) eine Temperatur von 42° zeigte, so ist hier ohne Zweifel eine besondere vulkanische Thätigkeit mit im Spiele. Uebrigens ist man nicht berechtigt, die am unteren Ende eines Bohrbrunnens angetroffene Temperatur als diejenige anzunehmen, welche gerade der erbohrten Tiefe entspricht, da die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, daß man mit der letzten wassergebenden Schichte das obere Ende eines aus noch größerer Tiefe heraufkommenden und darum wärmeres Wasser führenden Kanals geöffnet hat. Der durch seinen Reichthum an Kohlensäure so merkwürdige Soolsprudel in Nauheim, welcher aus einem bereits aufgegebenen Bohrloche von 173 Meter Tiefe in Folge einer Erderschütterung am 22. December 1846 hervordrang, hat eine Temperatur von 32°,2, welche bei der mittleren Jahrestemperatur von 10°,1 Nauheims auf eine Tiefe von etwa 700 Metern schließen läßt. Die Temperatur der Wasser, welche aus dem Bohrloche eines artesischen Brunnens hervorkommen, erleidet übrigens durch die in verschiedenen Schichten seitlich herbeidringenden Wasseradern mancherlei Abänderung. In dieser Beziehung bietet der folgende Auszug aus dem Beobachtungsregister [1]) des Brunnens zu Neusalzwerk ein besonderes Interesse:

Tiefe.	Temperatur.	Tiefe.	Temperatur.	Tiefe.	Temperatur.
188 Meter.	15°,6	350 Meter.	22°,2	501 Meter.	25°,0
218 „	17°,5	371 „	22°,5	513 „	26°,2
249 „	19°,7	407 „	22°,5	522 „	27°,5
257 „	17°,8	434 „	22°,5	538 „	27°,5
266 „	18°,1	460 „	22°,5	561 „	28°,7
301 „	18°,7	470 „	22°,5	613 „	31°,2
315 „	18°,7	494 „	22°,5	634 „	31°,2
326 „	21°,2	498 „	24°,4	678 „	32°,7
345 „	22°,5				

Die Temperaturabnahme bei 257 Meter Tiefe beruht wohl auf einem Herbeidringen kühleren meteorischen Wassers von Oben; die Beständigkeit der Temperatur zwischen 371 und 494 Metern weist darauf hin, daß hier eine wasserdichte Schichte durchsunken wurde; erst bei 496 Metern Tiefe traf der Bohrer wieder auf klüftiges Gestein, und von da an macht sich eine stetige Zunahme der Temperatur bemerklich.

[1]) Entnommen aus dem Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie von G. Bischof.

Die Erfahrungen, welche wir über die artesischen Brunnen mitgetheilt haben, lassen es kaum noch nöthig erscheinen, über die Entstehung der natürlichen Quellen Weiteres zu sagen. Diese treten da auf, wo die Wasseradern, in welchen die von Oben einsickernden meteorischen Gewässer sich ansammeln, selbst einen Weg an die Oberfläche zu bahnen vermochten. Begreiflicher Weise kommen die Quellen am Häufigsten in Gebirgsthälern und am Fuße der Gebirge zum Vorschein. Die Fälle, in welchen man Quellen auf dem Gipfel von Bergen gefunden haben wollte, welche auf große Entfernungen hin die höchsten Punkte der Gegend darboten, haben sich bei näherer Untersuchung als irrig erwiesen. Immer erschien das noch etwas höher gelegene Terrain ausreichend, um durch die von ihm aufgenommenen meteorischen Niederschläge die Quelle zu speisen. Am Leichtesten folgen die einsickernden Wasser dem Abfall der sedimentären Schichten in den Gebirgen, und wo dieser Abfall regelmäßig nach Einer Seite gekehrt ist, kann man auf der einen Seite eines Gebirgszuges großen Quellenreichthum antreffen, während auf der andern Seite Wassermangel herrscht.

Die eindringenden Wasser nehmen wegen der überaus geringen Wärmeleitungsfähigkeit der Erd- und Gesteinschichten nur langsam die Temperatur derselben an. Da zudem die wasserführenden Kanäle häufig nur bis zu geringer Tiefe hinabgehen, so kommt es, daß die Temperatur vieler Quellen während des Jahres nicht unveränderlich ist, und daß die Quellen an solchen Orten, an welchen die Sommerregen vorherrschen, eine etwas höhere, in Gegenden der überwiegenden Winterregen dagegen eine etwas niedrigere mittlere Temperatur besitzen, als die obere Bodenschichte, in welcher sie entspringen. Je oberflächlicher die Schichten liegen, aus welchen Quellen ihre Nahrung schöpfen, desto rascher giebt sich in der Zunahme oder Abnahme ihres Wasserreichthums die Wirkung anhaltenden Regens oder dauernder Trockniß zu erkennen.

Wie die Temperatur des Bodens, so nimmt diejenige der Quellen mit zunehmender geographischer Breite sowohl, als mit wachsender Höhe über der Meeresfläche ab. Die niedrigste Quellentemperatur, welche im hohen Norden beobachtet wurde, ist die von Enontekis in Lappland, von 1°,1; die Gebrüder Schlagintweit trafen auf den Alpen eine Quelle von 0°,8 Temperatur an. An einzeln stehenden Bergen ist die Abnahme im Allgemeinen eine raschere, als in massigen Gebirgen. Doch trifft man auch in besonderen Fällen, wenn die Wasser aus dem Schnee der Berggipfel stammen und in raschem Laufe die unterirdischen Kanäle durcheilen, kühlere Quellen schon in ganz geringer Höhe. Buch fand die Temperatur der Quellen auf Teneriffa bis zu 1300 Meter Höhe fast unveränderlich, die Quellen am nördlichen Abhange von Gran Canaria haben bis zu 650 Meter Höhe sämmtlich die Temperatur von 17°, während die mittlere Jahrestemperatur des Ortes 22° beträgt. Aehnliche Erfahrungen machte Humboldt in den Gebirgen von Cumana und Caraccas.

Wenn man von solchen außerordentlichen Verhältnissen absieht, so findet man, daß diejenigen Quellen, welche in ihrer Temperatur und Wassermenge von den wechselnden Witterungsverhältnissen des Jahres unabhängig sind, auch jedesmal eine höhere Temperatur besitzen, als die mittlere Jahreswärme der oberen Bodenschichte, aus welcher sie entspringen. Wie gering auch dieser Ueberschuß sein mag, so verdient doch jede solche Quelle eigentlich den Beinamen einer warmen Quelle oder Therme. Die Quelle von Enontekis in Lappland, deren Temperatur Wahlenberg gleich 1°,1 fand, ist eine Therme,

denn die Mitteltemperatur jenes Ortes an der Erdoberfläche ist —3°,75. Diese Quelle beweist die höhere Temperatur des Erdinnern eben so unwiderleglich, als die fast kochend heißen Thermen, welche an vielen Orten der Erde zu Tage kommen. Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung einiger Thermen, welche die Blutwärme des Menschen (37°,5) eben erreichen oder noch übertreffen.

	Temp. der Quelle.	Mittlere Jahrestemp.		Temp. der Quelle.	Mittlere Jahrestemp.
1) Pfäffers (Schweiz)	37°,2		4) Aix in Savoyen	54°,3	
1) Wildbad	37°,5		6) Ems	56°,25	
4) Barrèges	40°,0		6) Kaiserquelle in Ofen	61°,0	9,°6
5) St Gervais (Savoyen)	41°,25		4) Baden im Aargau	64°,0	
3) Pisa	44°,0	15,°2	1) Plombières	65°,0	
4) Aachen	44° bis 57°,5		Baden-Baden	67°,5	
6) Vichy	45°,0		Wiesbaden	70°,0	
5) Lavey (Waadtland)	45°,0		5) Karlsbad	75°,0	7,°8
5) Bath	46°,25		4) Burtscheid	77°,5	
1) Gastein	47°,5		6) Aigues-chaudes (Dep. Cantal)	87°,5	
6) Töplitz	49°,4		2) Katharinenquellen im Kaukasus	88°,7	
3) Bagnères de Bigorre	50°,0		2) Petersquellen	90°,6	
3) Leuck	50°,2		Trincheras in Venezuela	97°,0	27,°0
4) Mehadia (Ungarn)	53°,0				
3) Lucca	54°,0	14,°9			

Die Thermen werden in allen Breiten, vom Aequator bis zu den Polen, in allen Gebirgsformationen, neptunischen wie vulkanischen, am Meisten aber auf der Grenze zwischen beiden, angetroffen. An besondere locale Ursachen (chemische Processe, wie das Brennen schwefelkieshaltiger Kohlenflötze u. dgl.) für das Vorkommen warmer Wasser ist demnach nicht zu denken.

Die Zeugnisse dieser Quellen, von welchen manche schon vor Jahrtausenden bekannt und ihrer hohen Temperatur wegen als Heilquellen besucht waren, sprechen vielmehr laut dafür, daß die Erde einen unermeßlichen Wärmevorrath birgt, gegen welchen die Wärmemenge, welche im Laufe der Jahrhunderte von diesen Quellen entführt wird, ein völlig Verschwindendes ist. Schon aus den mitgetheilten Zahlen läßt sich schließen, daß die Temperatur im Erdinnern die Siedehitze überschreitet, denn es ist nicht anzunehmen, daß die heißen Wasser aus so großen Tiefen hervorkommen, ohne durch das oberhalb kühlere Gestein und mehr noch durch die in der Nähe der Oberfläche herbeidringenden Wasser abgekühlt zu werden. Wir werden indeß bald noch entscheidenderen Beweisen für das Vorhandensein höherer Temperaturen begegnen.

Wollte man nach einer mittleren Tiefenstufe von 40 Metern die Tiefe abschätzen, aus welcher die Quelle von Trincheras hervorkommt, so fände man die enorme Tiefe von $40 \cdot 70 = 2800$ Metern, oder $^2/_5$ einer geographischen Meile.

Nicht nur wenn man in den Ebenen lothrecht in die Erde hinabdringt, sondern auch beim Eindringen in die Wände und Rücken der Gebirge begegnet man höheren Temperaturen. Wie dieß aus den bereits oben mitgetheilten Beobachtungen in Bergwerken hervorgeht, so wird es andrerseits durch Beobachtungen von Quellentemperaturen bestätigt. Die Schwefelquelle von Juan mit einer Temperatur von 32°, die von Aqua tibia von 36° finden sich in den Cordilleren in einer Höhe von 4000 Metern über der Meeresfläche.

Der Gehalt der warmen Quellen an mineralischen Bestandtheilen hängt, wie derjenige der kalten, von der Zusammensetzung der Gesteinsmassen ab, mit welchen die Wasser auf ihrem Laufe in Berührung kommen und aus welchen sie auflösliche Bestandtheile aufnehmen. Nur wenig kann dieser Gehalt durch die höhere Temperatur modificirt werden. Die obige Tabelle enthält dafür sprechende Beweise, indem die mit 1 bezeichneten Quellen sämmtlich fast absolut reines Wasser zu Tage fördern. Auch die mit 2 bezeichneten, die Katharinen- und Petersquellen des Kaukasus, enthalten trotz ihrer hohen Temperatur nur äußerst kleine Mengen von Glaubersalz und noch weniger Kochsalz. Dagegen giebt es Wasser, welche reich an mineralischen Bestandtheilen sind, und die Temperatur des Ortes, wo sie zu Tage kommen, nur um Weniges übertreffen. Die meisten sogenannten Sauerwasser, welche diesen Namen ihrem Gehalte an Kohlensäure verdanken, befinden sich in diesem Falle, wie Selters (16°,8), Pyrmont (13,°8), Geilnau (11°), Fachingen (10°) und Schwalbach (10°). Die in obiger Tabelle mit 3 bezeichneten Quellen enthalten wenig Gyps, die mit 4 bezeichneten sind sogenannte Schwefelwasser, sie enthalten Schwefelwasserstoff oder Schwefelalkalien. Vorzugsweise Glaubersalz enthalten die Quellen unter Nr. 5; die mit 6 bezeichneten sind sogenannte alkalische Wasser, welche vorzugsweise kohlensaures Natron in Auflösung enthalten.

Die Nauheimer Soolquellen gehören sowohl wegen ihres Reichthums an Kohlensäure als wegen mancher anderer Eigenthümlichkeiten zu den merkwürdigsten der Welt. Der große Sprudel, dessen schon oben gedacht wurde, giebt täglich 2626500 Liter Wasser, und aus diesem entwickeln sich etwa 3160240 Liter Kohlensäure. Nimmt man an, daß das Wasser eine seinem Volum gleiche Menge in Auflösung behält, so kommt die enorme Menge von 5786740 Liter reiner Kohlensäure heraus, welche in 24 Stunden in der Quelle zu Tage kommen. Sämmtliches Gas ist unter dem höheren Druck der Tiefe in der Soole gelöst und erst beim Emporsteigen trennt es sich in immer häufiger werdenden Blasen ab; die anfänglich fein perlende Beschaffenheit des Stromes geht endlich in der Nähe des obern Endes in wildes Schäumen über, und so groß ist die Gewalt des frei werdenden Gases, daß der Strahl noch beinahe 6 Meter über die Oeffnung der Quelle emporgetrieben wird. Diese Höhe ändert sich etwas mit dem Luftdruck, sie nimmt ab, wenn der Barometer steigt, und zwar mit solcher Regelmäßigkeit, daß der Sprudel als Barometer dienen könnte.

Einige der Nauheimer Quellen zeigen ein intermittirendes stärkeres Aufquellen. Eine derselben sprudelt während 35 Minuten ruhig über, indem der perlende Soolstrom etwa 0,6 Meter über das Ende der Steigröhre emportreibt. Hierauf beginnt sie lebendiger zu werden, sie erfüllt den ganzen Quellenschacht mit dampfender und wogender Soole und spritzt während 30 Sekunden etwa den Strahl 6 bis 8 Meter hoch. Es folgen dann einige Sekunden der Ruhe, in welchen die Soole um etwa 1 Meter in der Steigröhre sinkt; die Quelle strömt hierauf 5 Minuten lang in früherer Weise über und eine zweite Eruption fordert dann eine längere Ruhe. Nach 35 Minuten beginnt die Reihe der Erscheinungen von Neuem (Bromeis).

Dieser ganze Vorgang, welcher bei natürlichem Vorkommen als ein geologisches Räthsel erscheinen würde, erklärt sich ausnehmend einfach aus dem Umstand, daß die Quelle in einer eisernen Steigröhre von 10 Centimeter Durchmesser ausströmt, welche von einer hölzernen Röhre von 18 Centimeter Weite umgeben ist. Am obern Ende ist der Zwischenraum zwischen beiden Röhren verschlossen; derselbe füllt sich daher, während die Quelle ruhig überfließt, all-

mälig mit Kohlensäure und der Wasserspiegel wird endlich bis zum untern Ende der eisernen Steigröhre herabgedrückt; es treten dann große Gasblasen in die engere Röhre ein, und der verminderte Druck hat eine heftigere Gasentwicklung und die beschriebene Eruption zur Folge. Die während dieses Vorgangs aus größerer Tiefe sich entbindende Kohlensäure reicht hin, sehr bald eine zweite Eruption einzuleiten, nach welcher dann eine längere Zeit verfließen muß, bis wieder frisches, kohlensäurereicheres Wasser nachgedrungen ist.

Wir haben bis jetzt die Frage nach dem Ursprung der in diesen Sprudeln zu Tage kommenden Kohlensäure noch gar nicht aufgeworfen, und doch ist es gerade die Beantwortung dieser Frage, welche uns zu einem neuen Beweise für die höhere Temperatur im Innern der Erde führt. Die Entwicklung von Kohlensäure in der Erdrinde, das Ausströmen dieses Gases in reinem Zustande aus unzähligen Spalten und Kanälen, entweder rein oder gleichzeitig mit Wasser in dampfförmiger (Fumarolen) oder tropfbarflüssiger Gestalt gehört zu den verbreitetsten Phänomenen auf der Oberfläche der Erde. Im großartigsten Maßstabe kommt die Aushauchung von Kohlensäure in dem vulkanischen Boden der Eifel und in der Nähe des Laacher Sees vor; sie findet sich an vielen Orten in der Wetterau und am Taunus, in dem Kalkgebirge der Paderborner Gegend, in der Nähe der böhmischen Bäder 2c. 2c. Da die Kohlensäure auch da, wo sie in großen Mengen austritt, sich unter dem Einfluß des Windes rasch mit der Luft mischt, so haben die Gasquellen an den meisten Orten erst durch die Aufmerksamkeit des Naturforschers Beachtung gefunden. Wo aber das Gas in Vertiefungen des Bodens oder in Höhlen aus der Erde steigt, erfüllt es vermöge seines größeren specifischen Gewichtes die tieferen Stellen ganz. An vielen Orten in der Eifel findet man schon in ziemlich flachen Mulden oder Rinnen erstickte Vögel, Mäuse u. dgl. liegen, und dieß zeigt allemal mit Sicherheit die Nähe einer Kohlensäurequelle an. Die Hundsgrotte beim See Agnano, vier Meilen von Neapel, die Dunsthöhle in Pyrmont, die Höhle von Mont-joly in der Auvergne, die puits Neyrac und puits de la poule in Vivarais sind schon lange wegen ihres verderblichen Einflusses auf solche Thiere bekannt, welche nicht groß genug sind, um mit dem Kopfe über die am Boden stagnirende Kohlensäureschichte hervorzuragen. Fast alle diese Orte liegen in der Nähe noch thätiger oder erloschener Vulkane, und es liegt nahe, damit die Erfahrung zusammenzuhalten, daß auch heutzutage nach dem Ergusse von Laven bei vulkanischen Ausbrüchen sich zahlreiche Kohlensäurequellen (Mofetten) aus den Rissen des auf 100° erkalteten Gesteines entwickeln und mehre Wochen bis zu zwei Monaten lang in Thätigkeit bleiben. Wo die Kohlensäure unvermischt am Boden hinfließt, vernichtet sie nicht nur das animalische, sondern auch das vegetabilische Leben. Einem Landmann in der Nähe von Neapel gelang es, seinen Weinberg dadurch vor den verheerenden Wirkungen des Gases zu schützen, daß er ihn, ähnlich wie zum Zwecke einer Entwässerung, mit tiefen Ableitungsgräben umgab. Die Weinpflanzungen seiner Nachbarn, welche keine ähnliche Vorsichtsmaßregel ergriffen, gingen zu Grunde.

Es verdient bei dieser Gelegenheit erwähnt zu werden, daß die Wasser aller Quellen, Bäche und Flüsse mehr Kohlensäure enthalten, als das Regenwasser, welches sie speist, und gerade der Gehalt an dieser Säure befähigt sie mehr kohlensaure Salze aufzulösen, als sie außerdem aufnehmen würden. Ohne Zweifel rührt ein Theil dieser Kohlensäure von der Verwesung und Fäulniß der vegetabilischen Reste, welche nicht nur Wald und Feld allerwärts der Einwirkung des Sauerstoffs und des Wassers preisgeben, sondern welche auch in vielen

Gebirgsschichten in nicht unbeträchtlicher Menge eingeschlossen sind. Im großartigsten Maßstab gehen diese Prozesse in den Braunkohlen- und Steinkohlenlagern von Statten. Die Entstehung der Braunkohlen aus den Pflanzen, welche einst das jüngere Tertiärgebirg begrub, erfordert, wie aus einer Vergleichung der Zusammensetzung unzweideutig hervorgeht, eine Lostrennung von Kohlensäure aus der Holzsubstanz. Die Braunkohle ist wasserstoffreicher als das Holz, aber entschieden ärmer an Sauerstoff, und die bösen Wetter, welche in den Braunkohlenbergwerken den Arbeitern gefährlich werden, bestehen aus Kohlensäure; sie sind nicht entzündlicher Natur, und hierin liegt ein charakteristischer Unterschied zwischen ihnen und den Zersetzungsprodukten der Steinkohlenflötze. Auch bei diesen hat sich noch Kohlensäure loslösen müssen, um die Holzsubstanz endlich in Steinkohle überzuführen, welche in zahlreichen Schichten, mit Kalk, Sandstein und Schieferbildungen wechselnd, auf den ältesten sedimentären Gebilden aufliegt. Allein außer der Kohlensäure haben sich Wasser und brennbare Stoffe in gasförmiger (Sumpfgas) und tropfbarflüssiger (Steinöl rc. rc). Form ausgeschieden. Es ist bekannt, welche verhängnißvolle Explosionen das Gemenge von Sumpfgas mit atmosphärischer Luft in den Steinkohlenbergwerken veranlaßte, und welch sinnreiches Mittel Davy in Anwendung brachte, um die Entzündung des Gasgemenges durch die Grubenlichter der Bergleute zu verhindern. Man darf annehmen, daß die Aushauchungen von Kohlensäure in der Nähe von Kohlenflötzen daher rühren, daß die gasförmigen Zersetzungsprodukte ihren Weg aus der Tiefe an die Oberfläche der Erde finden. Wie soll man zweifeln, daß die brennbaren Gase, welche an manchen Orten aus der Erde strömen, und mit Wasser gemischt, den Boden zu großen Schlammkegeln auftreiben, aus einer durch die innere Hitze der Erde gesteigerten Zersetzung, einer trockenen Destillation organischer Substanzen unter hohem Druck hervorgehen? In der Nähe des Kaspischen Sees, bei Baku, finden sich ganze Reihen solcher Schlammvulkane von geringer Höhe; die daraus hervorbrechenden Gase brennen schon seit mehren Menschenaltern oder, wie die feueranbetenden Hindus, welche sich dort niedergelassen haben, behaupten, seit Anfang der Welt. Außer diesem großen Feuer von Baku giebt es in der Nähe noch unzählige kleinere Gasquellen und Schlammhügel, welche neben dem Gase schwarzes Bergöl auswerfen. Unter den Eruptionen, welche durch stärkere Spannung der Gase veranlaßt, Steine, Wasser und Schlamm aus solchen Kegeln emportreiben, ist diejenige des Kuku-Obo auf der Halbinsel Taman in der Nähe der Krimm durch ihre Größe besonders berühmt geworden. Sie erfolgte im Jahre 1794, und es wurden bei dieser Gelegenheit an 740000 Kubikmeter Schlamm ausgestoßen.

Die enormen Mengen von kohlensaurem Gase, welche an Orten aus dem Boden dringen und aus tieferen Gebirgsschichten hervorkommen, wo weder Kohlenflötze noch sonstige organische Reste vorhanden sind, lassen nur Hypothesen über ihren Ursprung zu. Aus der einzigen Gasquelle von Burg-Brohl in der Eifel entwickeln sich täglich 154580 Liter reines Gas, und Bischof schätzt Das, was sämmtliche Gasquellen der Eifel täglich liefern, auf das Tausendfache jener Quelle, was einem Gewichte von 305670 Kilogramm Kohlensäure gleichkommt. Wenn die vulkanische Natur der Eifel auf eine analoge Entstehung der Kohlensäure wie in den Mofetten des Vesuvs hinweist, so lassen die reichhaltigen Gasquellen der Wesergebirge und des Taunus einen ähnlichen Gedanken nicht zu. Die Kohlensäure müßte mit ihrem vierfachen Volum Stickstoff gemengt zu Tage kommen, wenn sie durch einen Verbrennungsprozeß entstünde, woran die Luft sich betheiligte; sie müßte Kohlenwasserstoffe mitfüh-

ren, wenn sie aus einer Zersetzung von Kohlenflötzen hervorgegangen wäre. Die Erfahrungen am Taunusgebirge sowie an andern Orten beweisen demnach, daß der Heerd der Kohlensäureentwicklung tiefer liegt, als alle sedimentären Schichten, und die vulkanischen Revolutionen scheinen nur insofern von Einfluß, als sie jenen Heerd an manchen Stellen der Erdoberfläche näher rücken, und bei der Durchbrechung der sedimentären Gesteine die Spalten öffnen, durch welche das in der Tiefe erzeugte Gas zur Oberfläche gelangen kann. Es bleibt kaum eine andere Annahme für die Entstehung der Kohlensäure übrig, als die, daß kohlensaure Salze, insbesondere kohlensaurer Kalk, ein durch alle Gebirgsformationen verbreitetes Gestein, in der Tiefe zersetzt werden. Freilich trennt sich die Kohlensäure vom Kalk nur in der Glühhitze, welche man nach den oben mitgetheilten Erfahrungen erst in einer Tiefe von etwa drei Meilen zu suchen hätte, und zudem tritt, wenn der Kalk unter hohem Druck sich befindet, diese Zersetzung gar nicht ein. Allein, wenn man annehmen darf, daß Kieselerde oder Wasserdämpfe mit dem erhitzten Kalke in Berührung treten, so kann man aus bekannten Vorgängen schließen, daß dann die Kohlensäure schon in geringerer Hitze ausgetrieben wird.

Die heißen Wasser, welche die Kohlensäure aus der Tiefe heraufführen, lassen dieselbe unter geringerem Drucke zum großen Theil fahren, so daß das Gas entweder durch höher gelegene Bergspalten rein zu Tage kommt oder, mit dem Wasser kühlerer Quellen gemischt, als Säuerling ausfließt. G. Bischof macht darauf aufmerksam, daß man häufig in den höheren Bergthälern auf Säuerlinge stoße, wenn man von den am Fuße der Gebirge entspringenden heißen Mineralquellen aus aufsteige.

Die Erscheinungen der Nauheimer Soolsprudel, welche uns Veranlassung gaben, die Ursachen der reichen Kohlensäurebildung in der Erdrinde zu erörtern, werden sowohl bezüglich der Mannichfaltigkeit als der Großartigkeit weit zurückgelassen durch die Phänomene, welche die zahllosen Quellen auf dem vulkanischen Boden Islands darbieten. Wenn irgendwo unzweideutige Zeugen für eine hohe Temperatur im Erdinnern auftreten, so sind es die Dampf- und Schwefelquellen, welche in jener nördlichen Insel, gespeist vom Gletscherwasser der Eisberge (Jökull) heiß aus dem Boden hervorbrechen, so sind es ferner die wunderbaren Springquellen (Geisire), in welchen heiße Dämpfe kochendes Wasser bis zu 40 Meter Höhe emporschleudern, und welche in dem großen Geisir und dem Strokkr ihre vornehmsten Repräsentanten haben. Es ist unmöglich, eine Erörterung dieser Erscheinungen auch nur in ihren Grundzügen zu geben, ohne dabei der Darstellung Bunsens zu folgen, welche sich auf die umfassendsten Untersuchungen dieses geistreichen Forschers an Ort und Stelle gründet. Die fast den zehnten Theil der Fläche Islands bedeckenden Eisberge und die Nähe des Meeres bedingen eine außergewöhnliche Menge von atmosphärischen Niederschlägen und, im Zusammenhange mit der eigenthümlichen Struktur des Island eigenthümlichen Palagonitgebirges, die merkwürdige Entwickelung der Quellenerscheinungen. „Ungeheure Wassermassen," sagt Bunsen, „brechen aus den Spalten und Gewölben der Gletscher hervor, oder stürzen sich in Cascaden von den Eiswänden herab und verwandeln nicht selten meilenweite Flächen in einen bodenlosen Geröllschlamm, in welchem sich die Fluthen verlieren, ehe sie in begrenzten Flußbetten einen geregelten Abfluß sich bahnen. Unzählige Landseen, endlose Moore und Schlammflächen, welche dem Reisenden diese an sich schon öde Natur noch schauerlicher erscheinen lassen, sind eine Folge solcher Ueberfluthungen und verbreiten über das Hochland der Insel eine Wasser-

masse, die sich auf den sanft geneigten Gesteinschichten nach den tieferen Abdachungen hinzieht und den verschiedenen Quellensystemen zur Nahrung dient."

Diese Wasser versinken in den Spalten und Klüften des vulkanischen Gebirgs und, in der Tiefe erhitzt und in Dampf verwandelt, und durch den hydrostatischen Druck und die Wasserdämpfe gehoben, kommen sie als Thermen wieder zu Tage. Sie haben, beladen mit den vulkanischen Gasen, mit schwefliger Säure, Schwefelwasserstoff, Kohlensäure und wenig Chlorwasserstoffsäure, zersetzend auf das Palagonitgestein gewirkt, und je nach der eigenthümlichen Mischung der Mineralsubstanzen, welche sie aufgenommen, geben sie zu zwei charakteristisch verschiedenen Quellenerscheinungen Anlaß.

Sämmtliche Quellen enthalten bedeutende Mischungen von Kieselerde, die von Bunsen sogenannten sauren Kieselerdequellen aber außerdem geringe Mengen von Alaun, schwefelsauren und salzsauren Salzen von Kalk, Magnesia Natron, Kali und Eisenoxydul, endlich schweflige Säure oder an deren Stelle Schwefelwasserstoff. Es sind diese Quellen durch Absätze von Gyps und Schwefel ausgezeichnet, und gehören daher in die Klasse der eigentlichen Schwefelquellen (Solfataren, Namar der Isländer), wie solche in vielen vulkanischen Gegenden angetroffen werden, und unter welchen die schwefelwasserstoffhaltigen Quellen von Puzzuoli am Bekanntesten geworden sind. In den ausgedehntesten Solfataren Islands, den dampfenden Schwefelfeldern von Keisuvik und Reykyahlid brechen die schweflige Säure, der Schwefelwasserstoff, der Schwefel- und Wasserdampf allerwärts aus dem Boden, eine zerbrechliche Schwefel- und Thonkruste überzieht den heißen Schlamm, in welchen der Palagonittuff verwandelt wird. Man braucht nur einen glimmenden Spahn den Gasen zu nähern, um sogleich von diesem Punkte aus eine weiße Wolke niederfallenden Schwefels über die Fumarolenfelder hinziehen zu sehen, hervorgegangen aus der gegenseitigen Zersetzung der schwefligen Säure und des Schwefelwasserstoffs. Da, wo festes Trappgestein oder Lava der Zersetzung durch die Fumarolengase weniger zugänglich ist, als der Palagonittuff, brechen jene Gase mit brüllendem Getöse aus den Felsspalten hervor. In den Niederungen dagegen bilden sie siedende Schlammpfuhle, deren durch Schwefeleisen widerlich blauschwarz gefärbter Thonbrei in großen Blasen auftreibt und emporgeschleudert wird. Die vollständige Umwandlung, welche das Palagonitgestein in abwechselnder Lage von weißem eisenfreiem und gefärbtem eisenhaltigem Thon erleidet, ertheilt demselben das Ansehen von eben so vielen durch Wasserabsatz gebildeten Flötzlagern.

Eine charakteristische Eigenschaft der alkalischen Kieselerdequellen, in welchen die vulkanischen Gase, insbesondere die schweflige Säure, fast ganz zurücktreten, besteht in ihrem Vermögen, den Boden, über welchen sie hinfließen, beim Verdampfen mit Kieselinkrustationen zu überziehen. Hiermit ist die wesentliche Bedingung gegeben, „um einfache Kochquellen im Laufe der Jahrhunderte zu jenen Geisiren umzubilden, deren krystallhelle, in Schaum und Dampf zerstäubende Strahlen aus der Spitze ihrer selbstgeschaffenen Kieseltuffkratere bald ununterbrochen, bald in Perioden von wenigen Minuten bis zu mehren Tagen hervorbrechen. Es tragen diese Quellen nicht den unheimlichen Charakter jener wilden Verwüstung an sich, der sich in den Fumarolen und Solfataren mit ihren kochenden Schlammpfuhlen und dampfenden Schwefelfeldern ausspricht, das Auge ruht vielmehr mit Wohlgefallen auf den weißen Ueberrindungen und Stalaktiten, welche sich bald in der Form eines kleinen Kraterkegels erheben, bald zu länglichen Wannen und großen Becken, bald zu runden Schachten von bewunderungswürdiger Regelmäßigkeit sich gestalten."

Das Becken einer solchen Therme bleibt, da es stets mit Wasser gefüllt ist, von Kieselkrusten rein, aber an den Rändern, an welchen die capillar heraufgezogene Flüssigkeit verdunstet, baut sich ein Wall auf, welcher sich nach und nach zu einer Röhre erhöht. Reichten vorher die von Unten zuströmenden heißen Wasser und Dämpfe hin, die Quelle an ihrer Mündung auf einer Temperatur von 100° zu erhalten, so steigt die Temperatur nun unter dem Druck der in der Röhre enthaltenen Wassersäule; die Wasser verlieren aber auf dem kurzen Weg bis zur oberen Oeffnung der Röhre nicht ihren ganzen Wärmeüberschuß über 100° durch Leitung nach Außen; dieser wird vielmehr verwendet, einen continuirlichen Strahl, aus Dämpfen und schäumendem Wasser gemischt, unter Brausen und Zischen aus der Röhrenöffnung zu schleudern. Interessanter als bei diesen Quellen, deren es in Island unzählige giebt, gestaltet sich das Schauspiel, wenn die aus Kieselsinter aufgebaute Röhre weit genug ist, und der Zufluß der heißen Wasser und Dämpfe am untern Ende so langsam erfolgt, um eine merkliche Abkühlung der in der Röhre enthaltenen Wassersäule von Oben her zu gestatten. Die Quelle wird dann zu einem Geisir, welcher periodisch durch plötzlich entwickelte Dampfkraft zum Ausbruch kommt und unmittelbar darauf wieder zu längerer Ruhe zurückkehrt. Bunsen und Descloizeaux haben durch unmittelbare Messungen mit Thermometern, welche sie in das Rohr des großen Geisirs senkten, gezeigt, daß von dem Zeitpunkt, in welchem sich die Wasser nach einer Eruption beruhigt haben, die Temperatur an allen Punkten im Rohr sich allmälig derjenigen nähert, bei welcher das Wasser in Dampf überzugehen fähig ist. Dabei steigt das Wasser, welches nach der Eruption 1 bis 2 Meter tief in der Röhre stand, während einiger Stunden bis an den Rand des Beckens, wo es in Gestalt einer kleinen Cascade ruhig überfließt. Das Geisirrohr ist 20 Meter tief bei 3 Meter Weite, und endigt oben in ein flaches Becken von 16 Meter Durchmesser; die Wasser haben daher Gelegenheit, sich abzukühlen, und indem sie zum Theil ins Rohr zurücksinken, drücken sie die Temperatur auf längere Zeit herab und verhindern die Entwicklung von Dampfblasen. Endlich bemerkt man an der Oberfläche des Wasserspiegels ein anfänglich schwaches, allmälig immer heftiger werdendes Aufquellen, veranlaßt durch Dampfblasen, welche sich beim Emporsteigen wieder verdichten. Indem größere oder kleinere Wassersäulen im Geisirrohre bei diesen „mißlungenen Eruptionen" gehoben werden, nähern sie sich immer mehr dem Punkte, wo es nur einer geringen Zufuhr an Wärme oder einer kleinen Verminderung des Druckes bedürfte, um an allen Punkten die heftigste Verdampfung einzuleiten. Die Vereinigung mehrer großer Dampfblasen, ein stärkeres Aufquellen führt endlich diesen Zustand herbei, und nun erfolgen die interessanten Eruptionen, in welchen Wasser- und Dampfgarben auf mehr als 30 Meter Höhe emporgeschleudert werden. Die abgekühlten Wasser, welche ins Geisirrohr zurückstürzen, unterdrücken momentan die Eruption, so daß die Wasser- und Dampfstrahlen in einzelnen Schüssen oft 4 bis 5 Minuten lang emportreiben. Daß die Kraft, welche die Geisireruptionen hervorruft, wirklich im Rohre selbst und nicht, wie man früher glaubte, in tiefer gelegenen Dampfbehältern ihren Sitz hat, ergiebt sich aufs Deutlichste daraus, daß Steine oder andere schwere Gegenstände, welche man auf den Grund oder nur in die Nähe des Bodens der Geisirröhre bringt, niemals mit herausgeschleudert werden.

In dieser Beziehung unterscheidet sich der Geisir von dem andern großen Springquell Islands, dem Strokkr, in dessen nach Unten trichterförmig sich verengendes Rohr (es ist 13,ᵐ5 tief und an der Mündung 2,ᵐ4, in 8,ᵐ3 Tiefe nur 0,ᵐ26 weit) heiße Dämpfe einströmen. Die Temperatur der Wassersäule

ist bis zu einer Höhe von 14,m6 vom Boden nahe 114°, und das Wasser, welches keinen Abfluß hat, sondern nur durch Eruptionen entleert wird, in fortwährendem Sieden. Die Kraft, welche diese Eruptionen veranlaßt, muß in größeren Tiefen ihren Sitz haben, da man ihre Wirksamkeit durch Verstopfen des unteren engen Endes des Trichters mit Steinen, Erde und Rasen auf einige Zeit hemmen kann. Es erfolgt dann eine heftigere Eruption, welche die Verstopfung des Trichters fortschleudert und dann krystallhelle Wasserstrahlen, anstatt wie gewöhnlich auf 49 Meter, nun bis nahe an 60 Meter Höhe emportreibt. Auch die Eruptionen des kleinen Geisirs, welche regelmäßig in Zwischenzeiten von 3 Stunden 45 Minuten wiederkehren, und auf- und abwogende Wassergarben 10 Minuten lang in wachsender Höhe bis zu 10 oder 12 Meter, zehn weitere Minuten lang in wieder abnehmender Stärke emportreibt, glaubt Bunsen, nach einer von Mackenzie zuerst aufgestellten Ansicht, der Wirksamkeit von Dämpfen zuschreiben zu müssen, welche sich vorher in unterirdischen Kesseln angesammelt haben.

Wenn die Geisirbecken in Folge der fortdauernden incrustirenden Wirkung des Wassers sich immer mehr erhöhen, so tritt endlich ein Zeitpunkt ein, wo der Wärmezufluß in der Tiefe die oben erfolgende Abkühlung nicht mehr zu überwinden vermag, der Kochpunkt wird nun an keiner Stelle der Wassersäule mehr erreicht und die Geisire verwandeln sich in Becken mit stagnirendem oder ruhig abfließendem Wasser. Brechen endlich die Quellen in Folge des wachsenden hydrostatischen Druckes an tieferen Punkten hervor, so entleeren sich die Becken ganz. In der Nähe des großen Geisirs bietet das Terrain sämmtliche Stadien der Quellenbildung dar; an den höheren Abhängen eine Menge jetzt entleerter Quellenvertiefungen, unten die noch thätigen Springquellen und zwischen beiden Becken mit ruhendem heißem Wasser gefüllt. „In der Tiefe der klaren aquamarinblauen, durch kein Aufwallen getrübten Wassermasse, aus welcher ein leichter Dampf sich erhebt, erblickt man am Boden, inmitten der phantastischen Formen weißer Stalactitenwände, die dunkeln Umrisse der einst den Mund eines Geisirs bildenden Oeffnung, die sich in einer dem Auge unerreichbaren Tiefe verliert." (Bunsen).

Gegenüber den zahlreichen Zeugnissen für die höhere Temperatur der Erde, welchen wir bis jetzt begegnet sind, hat man die Abnahme der Temperatur des Wassers in Landseen und Meeren als einen direkten Gegenbeweis geltend machen wollen. Saussure fand bei seinen Messungen in den Schweizer Seen folgende Temperaturen:

Ort.	An der Oberfläche.	Am Boden.	in einer Tiefe von	Ort.	An der Oberfläche.	Am Boden.	in einer Tiefe von
			Meter				Meter
Genfer See	21°,2	6°,1	49	Bodensee	18°,1	4°,5	120
Thuner See	19°,0	5°,1	114	Lago Maggiore	25°,0	6°,7	109
Brienzer See	19°,4	4°,8	162	Neufchateler See	23°,1	5°,0	106
Luzerner See	20°,3	4°,9	195	Bieler See	20°,7	6°,9	70

Alle diese Messungen sind im hohen Sommer angestellt; im Winter geht die Temperatur dieser Seen an der Oberfläche unter 4°, den Punkt der größten Dichte des Wassers herab, die abgekühlten dichteren Schichten müssen zu Boden

sinken und die tiefsten Stellen einnehmen. Steigt dann gegen den Sommer hin die Temperatur an der Oberfläche wieder, so können sich die tieferen Schichten nur durch Mittheilung von Oben erwärmen und bei der außerordentlich geringen Leitfähigkeit des Wassers könnte die Temperatur, an den tieferen Stellen wenigstens, niemals über 4° steigen; die oben mitgetheilten Messungen, welche auch noch in einer Tiefe von mehr als 100 Metern höhere Temperaturen als 4° ergeben haben, sprechen daher unzweideutig dafür, daß noch von anderer Seite her, von dem Boden der Seen aus, Wärme zufließen muß.

Auch im Ocean findet man eine Abnahme der Temperatur nach Unten. Lenz hat dieselbe auf einer Reise um die Erde, welche er mit Kotzebue 1823 bis 1826 machte, bis auf 1950 Meter Tiefe untersucht. Die Abnahme ist anfänglich rasch, dann langsamer, und beginnt in 40° Breite bei 500 Meter, in 21° Breite bei 800 Meter unmerklich zu werden. In dieser Tiefe hat das Meer in allen Breiten etwa 2°,2 Temperatur. Das Salzwasser des Oceans zieht sich bis zu seinem Gefrierpunkt, welcher nahe bei 4° liegt, zusammen, ohne vorher, wie das süße Wasser, einen Punkt größter Dichte zu erreichen. Man sollte daher erwarten, in höheren Breiten in der Tiefe Wasser von dieser niedrigen Temperatur und selbst Eis anzutreffen; unter dem Aequator, wo die Temperatur an der Oberfläche im kühlsten Monat nicht unter 26° sinkt, müßte das Wasser auch in der Tiefe diese Temperatur haben, wenn nicht in Folge der Beweglichkeit des Flüssigen und des ungleichen specifischen Gewichts ein Austausch der warmen und kalten Wasser zwischen den verschiedenen Zonen stattfände. Wir werden noch auf eine Beschreibung der Meeresströme zurückkommen, welche diesen Austausch vermitteln. Ihrer Wirkung ist es zuzuschreiben, wenn man selbst in den Polarmeeren nirgends die Temperatur des Meeres tiefer als — 2°,5 gefunden hat.

Im Durchschnitt ist nach Humboldt's und Davy's Beobachtungen das Meerwasser an tiefen Stellen etwas wärmer, als die darauf ruhende Luftschicht, und es spricht dieß für eine Wärmeaufnahme des Wassers von dem Meeresboden; die Nähe seichter Meeresstellen und Küsten verräth sich nach dem Urtheil erfahrener Seefahrer schon durch eine Temperaturabnahme, wenn noch keine andern Anzeigen sprechen. — An manchen Stellen wird das Meerwasser durch vulkanische Einflüsse oder heiße Quellen stark erhitzt. So hat man im Golfstrom an der Küste Amerika's eine Stelle angetroffen, wo das Senkblei so heiß aus der Tiefe heraufkommt, daß man es mit der Hand nicht anfassen kann.

Wenn auch aus allem Angeführten eine Zunahme der Wärme nach der Tiefe hin hervorgeht, so hat doch das Gesetz dieser Zunahme noch nicht mit Sicherheit festgestellt werden können, weil sich allerwärts locale Einflüsse, — verschiedene Wärmeleitungsfähigkeit der Gesteinschichten, mehr oder minder reichliches Herbeibringen der Tagewasser, und an die Erdoberfläche herandringende vulkanische Thätigkeit — geltend machen. Im Ganzen scheint es jedoch, als ob die Tiefenstufe nach dem Erdinnern allmälig zunehme, so daß wohl in großer Tiefe eine Grenze eintreten mag, von wo aus eine merkliche Temperaturänderung nicht mehr stattfindet. Diese Annahme läßt sich kaum abweisen, wenn man sich die innere Masse der Erde geschmolzen, im feuerflüssigen Zustande, denkt. Eine Zunahme der Tiefenstufe nach Innen ist direct von G. Bischof an einer aus geschmolzener Basaltmasse gegossenen Kugel von 74 Centimeter Durchmesser beobachtet worden. Es wurden 48 Stunden nach dem Gusse die folgenden Wärmegrade gefunden, an welchen die Temperatur der umgebenden Luft bereits in Abzug gebracht ist:

Abstand vom Mittelpunkt	Temperatur	Unterschied
0 mm	192°	22°
122	170°	
183	156°	33°
244	137°	

während die Temperatur von der Mitte bis zu 122mm um 22°, also auf 5,mm5 um einen Grad abnimmt, beträgt die Abnahme zwischen 122mm und 244mm Abstand: 33°, also Einen Grad auf 3,mm7.

Wollte man nach der im Mittel etwa zu 40 Meter gefundenen Tiefenstufe weiter rechnen, so hätte man eine Temperatur von 100°, wenn an der Oberfläche die mittlere Temperatur von 10° herrscht, in 3600 Meter Tiefe zu suchen. Das Wasser würde hier sieden, wenn es nur unter dem Druck der Atmosphäre stünde. Denkt man sich dagegen eine Wassersäule von 3600 Meter Höhe darauf lastend, so ist das Wasser fähig, eine Hitze von 389° anzunehmen; ehe es auf diese Temperatur gestiegen ist, wird es weder sieden, noch die auf ihm lastende Wassersäule bewegen können. Wenn man der Beziehung zwischen Dampfspannung und Temperatur, wie sie bis zu einem Druck von 27 Atmosphären oder dem einer Wassersäule von 279 Meter Höhe geprüft worden ist[1]), noch in höheren Temperaturen Giltigkeit beimessen wollte, so fände man, daß erst bei einer Temperatur von 555° und in einer Tiefe von 22200 Meter oder von drei geographischen Meilen das Wasser in Dampfform beharren und den auf ihm lastenden Druck einer Wassersäule von 22200 Meter Höhe im Gleichgewicht halten könnte.

In weit größerer Tiefe werden endlich auch die Felsmassen, welche die Erdrinde bilden, nicht länger ihre starre Form behaupten. Schreiben wir ihnen die Schmelztemperatur der Lava zu, welche man (durch Eintauchen verschiedener Metalle in flüssige Lava) zwischen derjenigen des Silbers und des Kupfers, also etwa zu 1250° gefunden, so würde bei gleichbleibender Tiefenstufe in 40.1250, oder 50000 Meter (etwa 7 geographischen Meilen) Tiefe die ganze Masse der Erde sich in feuerflüssigem Zustand befinden müssen. Auch diese letzten Folgerungen gehören nicht ins Reich des Hypothetischen; es sprechen dafür die zahlreichen, über die ganze Erde zerstreuten Vulkane, welche, noch heutzutage in Thätigkeit, von Zeit zu Zeit feuerflüssige Steinmassen auswerfen. Freilich mögen wir nicht leicht eine Vorstellung gewinnen von der ungeheuren Kraft, welche erforderlich wäre, um Säulen feuerflüssiger Lava von 7 Meilen Höhe zu heben; und es ist nicht undenkbar, daß die Triebkraft, welche Felsen, Sand und vulkanische Aschen aus den Schlünden der Vulkane emporschleudert, sich näher an der Erdoberfläche entwickelt; allein daß Kräfte ungewöhnlicher Art in der That noch in sehr bedeutenden Tiefen thätig sind, dafür sprechen die heftigen Erschütterungen (Erdbeben), welche sowohl unabhängig von vulkanischen Eruptionen, als auch gleichzeitig mit denselben, sich durch beträchtliche Theile der ganzen Erdrinde verbreiten.

Zwischen den vulkanischen Ausbrüchen und den Erdbeben besteht ein unverkennbarer Zusammenhang, welcher auf eine gemeinsame Ursache schließen läßt. Fast immer geht der erneuten Thätigkeit eines Vulkans eine Reihe von Erschütterungen des Bodens voraus, welche in der Eruption selbst ihren Schlußpunkt findet. Während sehr starker Erdstöße hat man die Rauchsäule benachbarter oder selbst weit abliegender Vulkane in den Schlund derselben zurücktreten sehen; Vulkane, welche seit Menschengedenken nichts mehr ausgeworfen, und welche

---

1) Physik, S. 114.

man daher für erloschen hielt, sind in Folge starker Erdbeben zu erneuter Thätigkeit erwacht. Die Erschütterungen des Bodens sind zwar in vulkanischen Gegenden im Allgemeinen am Häufigsten, aber die heftigsten, verderblichsten Erdstöße sind in Gegenden wahrgenommen worden, in welchen weit und breit kein vulkanischer Schlund die Erdrinde durchbricht. Mit Recht hat daher Alexander von Humboldt die Vulkane die Sicherheitsventile der Erde genannt.

Wenn auch in der Nähe der heißen Zone die Vulkane am Häufigsten sind, vielleicht, weil hier in Folge der höheren Temperatur und der Schwungkraft, welche die innere flüssige Masse nach Außen treibt, die starre Kruste am Dünnsten ist, so erstreckt sich die vulkanische Thätigkeit doch sowohl auf der nördlichen als auf der südlichen Halbkugel bis in hohe Breiten. Kamtschatka besitzt in dem Kliutschewskaya-Sopka den höchsten vulkanischen Kegel der Erde, welcher sich unmittelbar vom Meeresspiegel 4800 Meter hoch erhebt. Island, welches gerade an den nördlichen Polarkreis stößt, enthält sieben noch thätige Vulkane. In den südlichen Polarländern sind 1820 von Bellingshausen unter 59° Breite, und in neuester Zeit von James Roß sogar in 77,5° südl. Breite noch zwei Vulkane von 3300 und 3800 Meter Höhe aufgefunden worden, welchen er nach seinen Schiffen die Namen Terror und Erebus beilegte.

Von Leopold von Buch ist zuerst auf zwei charakteristisch verschiedene Arten der Gruppirung aufmerksam gemacht worden, in welchen benachbarte Vulkane vorkommen, und wonach sie sehr passend die Namen Centralvulkane und Reihenvulkane erhalten haben. Die letzteren erscheinen als die noch übrigen Oeffnungen von mächtigen Spalten der Erdrinde, aus welcher sich dereinst Gebirgsmassen erhoben haben, wie z. B. die 24 Vulkane, welche sich auf den Anden von Chili vom Yanteles bis zum Aconcagua auf 165 Meilen und mit der sich daran schließenden vulkanischen Doppelreihe von Quito über 740 Meilen in fast gerader süd-nördlicher Richtung vertheilen. Ueber das vulkanische Guatemala setzt sich diese Reihe in etwa 40 feuerspeienden Schlünden fort und sieben Vulkane, welche sich in den mexikanischen Gebirgen von dem Colima bis zum Tuxtla über 119 Meilen erstrecken, bilden erst das Ende derselben; es sei denn, daß man die Vulkane des russischen Nordamerika, welche sich durch die Kette der Aleuten mit den drei parallelen Reihen von Kamtschatka und von da durch die Kurilen mit den japanischen Vulkanen verbinden, noch als eine Fortsetzung betrachten wollte.

Die vulkanischen Inselreihen, an welchen der große Ocean so reich ist, deren eine z. B. sich von Neuseeland über Neu-Caledonien, die neuen Hebriden, die Salomonsinseln, Neu-Britannien, Neu-Guinea, die Molukken nach den Sundainseln hinzieht und mittelst der Philippinen nach der japanischen Kette hinweist, sind als die Gipfelpunkte unterseeischer Gebirgszüge zu betrachten. Buch hebt hervor, daß bei den Reihenvulkanen meist die Lavakegel auf dem Rücken älterer plutonischer Gesteine, wie z. B. auf Graniten aufsitzen, während die Kegel der Centralvulkane meist mit basaltischem und trachytischem Gestein umlagert sind. Sie bilden in diesem Falle die noch übrigen Oeffnungen jüngerer Durchbrüche; doch mögen nicht selten auch Vulkangruppen sich über der Durchkreuzungsstelle kürzerer Spalten der Erdrinde anhäufen. Während die griechischen Inseln noch den Charakter einer Vulkanreihe tragen, bilden die übrigen europäischen Vulkane, die liparischen Inseln, der Aetna, die phlegräischen Felder mit dem Vesuv, die isländischen Vulkane centrale Gruppen, und Aehnliches gilt von den Vulkanen des atlantischen Oceans auf den azorischen, canarischen und Cap-Ver-

dischen Inseln, während die Vulkane der **Antillen** in einer Reihe sich erstrecken. Im großen Ocean bilden die **Gallopagos**-, die **Sandwich**-, die **Marquesas**-, die **Gesellschafts**- und **Freundschafts**inseln centrale vulkanische Gruppen.

Es ist gewiß eine höchst bemerkenswerthe Thatsache, daß diese über den ganzen Erdkreis zerstreuten Vulkane nicht nur in dem Mechanismus ihrer Thätigkeit durchaus übereinstimmen, sondern daß auch die Producte der Eruptionen aller Orten die nämlichen von fast gleicher chemischer Zusammensetzung sind. Es spricht dieß für die Gemeinschaft aller vulkanischen Schlünde mit dem nämlichen flüssigen Erdinnern und macht die Hypothese von **Hopkins** unwahrscheinlich, wonach beim Erstarren der Erdkruste an manchen Stellen leicht flüssigere Massen in großen Höhlenräumen im flüssigen Zustand zurückgeblieben sein sollten, welche durch die Mündungen der Vulkane zeitweise noch zum Ausflusse kämen.

Die vulkanischen Kräfte haben den Boden fast aller Orten erst zu einem ansehnlichen Berge erhoben, ehe sie einen Ausbruch herbeiführten; wenn dann beim Nachlassen ihrer Wirksamkeit der Gipfel der Erhebung einsank, bildete sich ein Ringwall, welcher die obere weite Mündung, den **Krater** des Vulkans umschloß. Eine solche einfache Form hatte der **Vesuv** noch zu **Strabo's** Zeit. Sie wurde bei der großen Eruption des Jahres 79 v. Chr., welche **Herkulanum**, **Pompeji** und **Stabiä** zerstörte, gänzlich verändert durch Emportreiben eines neuen Berggipfels auf der südwestlichen Seite, welche sich durch das ausgeworfene Material zu einem steilen Kegel gestaltete. Auch dessen Spitze sank später ein und aus dem neugebildeten Krater erhob sich abermals ein kleinerer Kegel. Die Kegelform, welche man im **Antuco** in Chili, im **Cotopaxi** in Quito und im **Pic de Teyde** auf Teneriffa sehr deutlich ausgesprochen findet, stellt sich um so reiner dar, je mehr zur Bildung des Berges ausschließlich die ausgeworfenen Laven, Schlacken, nebst den gröberen und feineren Trümmertheilchen (je nach dem Grad der Feinheit **Lapillen**, **Sand** oder **Asche** genannt) beitragen. Die innere Grundfläche des Kraters eines ruhenden Vulkanes ist aus erhärteter Lava gebildet: sie ist niemals eben, sondern mit einer Menge von kleinen Kegeln versehen, aus deren Gipfeln Dämpfe und Gase ausgestoßen werden, und mit Spalten durchzogen, in deren Grund man nicht selten die hellglühende flüssige Lava erblickt. Die einzelnen Fumarolen vereinigen ihre Ströme zu einer einzigen, vom Krater aufsteigenden Dampfsäule, welche sich in größerer Höhe in einer nie fehlenden Wolke über den rastenden Vulkan lagert. Offenbar sind es die meteorischen Wasser, welche, von der vulkanischen Hitze in Dampf verwandelt, die Fumarolen speisen, und es ist ein evidenter Beweis der äußerst langsamen Abkühlung der heißen Lavamassen, daß selbst Vulkane, aus welchen seit Jahrhunderten sich keine flüssige Lava ergossen, noch immer von einer Dampfsäule gekrönt sind.

Vor dem nahenden Ausbruch sieht man die heißflüssige Lava im Krater ansteigen. **Spallanzani** sah im Jahre 1788 auf dem **Aetna** in einem 20 Meter weiten Schlunde die Lava auf- und niederwallen. Jedesmal, wenn sie etwa 6 Meter gestiegen war, blähte sich ihre Oberfläche in Blasen auf, welche unter furchtbarem Knall platzten, so daß ihre in die Luft zersprengten Theile als Stein- und Schlackenregen klirrend am Berge niederstürzten. Bei dem kleinen, rastlos arbeitenden **Stromboli**, nördlich von Sicilien, wiederholt sich dieses Spiel beinahe von Sekunde zu Sekunde an seitwärts gelegenen Oeffnungen, und wird nur von Zeit zu Zeit durch heftigere Explosionen der höher gestiegenen Lava aus dem Hauptschlund des Kraters unterbrochen. In der Tiefe

des ungeheuren Kraters des Kiraueа auf Owaihi breiten sich mehre Lavaseen von beinahe 500 Meter Durchmesser aus. Auf einem dieser Seen sah man in brandenden Wogen Lavasäulen bis zu 20 Meter Höhe aufsteigen, die Oberfläche wurde dann ruhig und verdunkelte sich, als wenn sie erstarren wollte, doch zerriß plötzlich die Decke wieder, flüssige Lava breitete sich abermals aus, in welcher die Schlackenschollen wie Eisschollen im Wasser auf- und niedertauchten.[1]) Dieß wogende Spiel der Lava trägt noch nicht den heftigen Charakter eines eigentlichen vulkanischen Ausbruchs; es verstärkt sich aber, wenn ein solcher herannaht, in immer heftigeren Stößen, welche den Berg erschüttern; und unter stärkerem Getöse brechen sich die verstärkten Dampfaushauchungen Bahn, neue Spalten öffnen sich, aus welchen Feuer hervorbrechen. Nicht selten kündigt sich eine Eruption durch Abnehmen oder Verschwinden von Quellen an, deren Wasser durch neu geöffnete Spalten in die Tiefe stürzen und dem Vulkane neue Dampfmassen zuführen. Ist der Gipfel des Vulkans mit Schnee bedeckt, so schmilzt die ganze Schneedecke oft in wenigen Stunden und die Wasser stürzen sich dann, Steine und Schlamm führend, verheerend in die Thäler.

Endlich sieht man die immer mächtiger werdende Rauchsäule sich röthen und unter brüllendem Tosen zahllose Laven oder Schlackenbrocken von der Größe von Felsblöcken bis zum feinsten Sand herab oft zu der ungeheuren Höhe von 2000 bis 3000 Metern emporschleudern. „Während Wolken von Rauch, Asche und Steinen," sagt v. Buch, „durch die Sturmwinde über das Land fortgeführt werden, steht die hohe Feuersäule immer senkrecht auf dem Vulkan, Asche und Steine fliegen horizontal an ihr vorbei." Es bedarf keines andern Beweises, um einzusehen, daß die Feuererscheinung nur auf einer Beleuchtung der auffliegenden und zurückstürzenden Schlacken und Aschenmassen durch die weißglühend im Krater aufsteigende Lava beruht. Die Schrecknisse einer vulkanischen Eruption für das menschliche Gemüth werden erhöht durch das donnerartige Getöse, welches dieselbe entweder in einzelnen krachenden Schlägen oder mit ununterbrochenem Brüllen begleitet und die Erde erbeben macht. Dieß Getöse ist bei dem großen Ausbruch des Cotopaxi im Jahre 1744 in Honda am Magdalenenflusse vernommen worden, obgleich diese Stadt 109 Meilen nördlich von dem Vulkan gelegen und durch hohe Gebirgszüge und zahlreiche tiefe Thäler von demselben getrennt ist. Der Lärm des Vulkans von St. Vincent in den kleinen Antillen (1812) wurde bis Caraccas gehört, die knallenden Schläge bei dem furchtbaren Ausbruch des nur 160 Meter hohen Cosiguina (1834) wurden in Santa-Fé, also in 230 Meilen Entfernung, noch wie der Donner eines nahen Gewitters vernommen. Es ist nicht anders, als wenn der Ausbruch eines Vulkans im Herzen von Deutschland gleichzeitig in Madrid und Moskau vernommen würde. Obgleich sich hier der Schall über einen Bezirk von 50000 Quadratmeilen verbreitete, so ward er doch an manchen Punkten so gehört, als dröhne er unmittelbar aus der Erde herauf.

Der Schall ist übrigens nicht der einzige Bote, welcher die Kunde von einem vulkanischen Ausbruche in große Entfernungen hinträgt. Der feine Staub, welcher sich höchst wahrscheinlich durch die Reibung der unzähligen, aufwärts geschleuderten und zurückstürzenden Steine und Schlackenstücke bildet und oft in unglaublicher Menge ausgeworfen wird, verbreitet sich mit dem Winde auf weite Strecken hin. Die Asche, welche der Cosiguina im Jahre 1834 nach 26jähriger Ruhe auswarf, verbreitete über einen Kreis von 40 Meilen Halb-

---

[1]) Vergl. Naumann's Lehrbuch der Geognosie, S. 126.

messer die absoluteste Finsterniß, und selbst auf Jamaica, also in 170 Meilen Entfernung, verfinsterte die mit dem Winde heranziehende Aschenmasse den Horizont über der ganzen Insel. Noch in 225 Meilen Entfernung fand man das Meer mit schwimmenden Bimssteinen bedeckt. Aehnliches beobachtete man bei dem Ausbruch des Tomburu auf Sumbava, wo westlich von Sumatra das Meer mit einer mehr als einer halben Meter hohen Schicht schwimmender Lapillen bedeckt war, durch welche die Schiffe nur mit Mühe einen Weg fanden.

Es läßt sich denken, welche verderbliche Wirkungen solche massenhafte Aschenfälle in der Nähe der Vulkane äußern müssen. Nicht nur, daß die ganze Umgegend zu einer Wüste wird, in welcher alles Leben der Pflanzen und Thiere erstirbt, sondern selbst die Wohnungen der Menschen werden unter der Wucht der Aschen- und Steinmassen erdrückt und begraben. Weltbekannt ist das Schicksal von Herkulanum und Pompeji im Jahre 79 v. Chr. Doch war es hier, wie in den meisten Fällen, keineswegs ein bloser Aschen- und Steinregen, welcher die beiden Städte begrub, vielmehr hatten sich mächtige Regengüsse mit den acht Tage und Nächte niederfallenden Aschen zu Schlammströmen vereinigt, welche ins Innere der Häuser eindrangen und, indem sie alle Höhlungen aufs Vollkommenste ausfüllten, die Zertrümmerung durch die nachstürzenden Massen verhinderten. Es sind nicht blos die auf der Oberfläche des Kraterbodens, oder im Innern der vulkanischen Höhlungen während vieljähriger Ruhe sich ansammelnden Wassermassen, oder die auf dem Berggipfel schmelzenden Schneedecken, welche jene Schlammströme nähren, sondern es tragen hierzu noch mehr die Niederschläge bei, welche durch die Eruption selbst herbeigeführt werden. Die ausgehauchten Dampfmassen und die Dämpfe der mit dem heißen Strome aufgerissenen Luftmassen, welche Wolken von allen Seiten her der Feuersäule zuführen, geben zur Bildung von Gewittern mit reichlich niederströmendem Regen Anlaß und die unaufhörlich zuckenden Blitze und rollenden Donner vermehren das Furchtbare des Schauspiels. Die Geschichte kennt kein gräßlicheres Beispiel von der Wirkung solcher Schlammfluthen als diejenige, welche bei dem Ausbruch des seit Menschengedenken ruhenden Galung-gung auf Java am 8. Oktober 1822 stattgehabt. Um 1 Uhr begann der Ausbruch, welcher den ganzen Gipfel des Berges zertrümmerte, und innerhalb zweier folgenden Stunden begruben die ungeheuren heißen Schlammströme einen großen blühenden Landstrich mit 114 Dörfern und Allem, was darin lebte.

Es kann nicht befremden, daß solche mächtige Eruptionen im Stande sind, Thäler auszufüllen, Berge aufzuschütten und die Meeresküste mehre 1000 Meter, ja im Laufe der Jahrhunderte um Meilen weit vorzurücken. Wie man auf dem Lande an vielen Vulkanen die Bildung großer Aschenkegel wahrnimmt, so mögen zahlreiche Bildungen der Art auch bei unterseeischen Vulkanen vorkommen. In einzelnen Fällen sind die Aschen- und Schlackenkegel bis über den Meeresspiegel herausgetreten; der Kampf der Feuersäule und der Stoß des Schlacken- und Aschenstroms gegen die Meereswogen bot dann einen furchtbar prächtigen Anblick; wie namentlich bei der Bildung der Insel Sabrina bei den Azoren im Jahre 1811, und der Insel Ferdinandea in der Nähe von Sicilien im Jahre 1831. Keine dieser aus losen Auswürflingen bestehenden Inseln hat indessen der Gewalt der Meereswogen länger als ein Jahr widerstanden. Nur Ein Beispiel ist bekannt, daß eine vulkanisch neugebildete Insel sich bis auf den heutigen Tag erhielt, es ist die Insel Begoßlowa, welche 1796 in der Kette der Aleuten, nördlich von der Insel Umnack, sich erhob, und im Jahre 1819 noch 4 geogr. Meilen Umfang und eine Höhe von 680 Metern, im Jahre 1832 einen Umfang von 2 geogr. Meilen und 455 Meter Höhe hatte.

Ein Vulkan kommt selten zur Ruhe, ehe sich Ströme flüssiger Laven über den Rand des Kraters ergossen haben. Nicht leicht rücken diese flüssigen Massen so rasch vor, daß der Mensch ihnen nicht entrinnen könnte, allein einmal angelangt, verwandeln sie, alle Hindernisse vor sich niederwerfend, die Gefilde in eine traurige Einöde. Die Lavaströme, welche 1783 auf der canarischen Insel Lanzarote hervorbrachen, bedeckten, wie Buch erzählt, einen Raum von drei Quadratmeilen gleichförmig mit schwarzem Gestein; kein Haus, kein Baum, kein Kraut steht auf der rauhen Fläche, soweit das Auge reicht, Alles todt und schreckend. Niemals sind in geschichtlichen Zeiten größere Lavaströme zu Tage gekommen, als aus dem Skaptar-Jökull auf Island bei der Eruption des Jahres 1783. Der größte dieser Ströme hat 11 Meilen Länge, bei 3 Meilen Breite und eine Höhe von mehr als 30 Meter. Die isländischen Lavafelder, sagt Sartorius von Waltershausen, bieten das grauenvolle Bild einer trostlosen Wüste; ihre schwarzen Schollen thürmen sich in phantastischen Gestalten übereinander; indem sie sich gegen Felsen und den Fuß der Berge anstemmen, gleichen sie in ihren Formen dem Eisgang riesiger Ströme zur Frühlingszeit.

Es ist schon angeführt worden, daß die Laven, welche im geschmolzenen Zustand eine so ungeheure Hitze entwickeln, daß die meisten uns bekannten Körper darin schmelzen (man hat Messing geschmolzen und in Zink und Kupfer zerlegt, Silber geschmolzen und zum Theil krystallinisch sublimirt gefunden), nur äußerst langsam erkalten. Namentlich sind hierfür die Fumarolen Zeuge, welche sich noch so lange nach dem Ausbruche erhalten. In der 1759 hervorgebrochenen Lava des Jorullo fand Schleiden noch im Jahre 1846, also 87 Jahre nach dem Ausbruche, zwei heiße Dampfquellen.. Im Jahre 1803 hatte von Humboldt an dieser Stelle noch aus Tausenden von sogenannten Hornitos, Hügeln, welche die anfangs stürmisch sich entwickelnden Fumarolen auftreiben, die heißen Dämpfe hervorströmen sehen.

Wenn wir die hier kurz gezeichneten Charactere vulkanischer Ausbrüche überblicken, so muß es uns zunächst als ausgemacht erscheinen, daß eine Eruption durch das Emporsteigen einer flüssigen Lavasäule im Schlunde des Vulkans eingeleitet wird. Es ist wohl möglich, daß in einzelnen Fällen Wasser bis an die untere Grenze der starren Erdkruste hinabgelangen und hochgespannte Dämpfe die feuerflüssige Säule emporpressen. Doch dürfen wir wohl zumeist an die Wirksamkeit andrer Kräfte denken. Man hat berechnet, daß eine Contraction der starren Erdrinde von nur 0,002 Millimeter genügt, um durch die Raumverminderung des Innern einen Lavaerguß mittlerer Größe zu veranlassen. Ohne Zweifel nimmt die starre Erdkruste immer noch, wenn auch langsam, nach Innen an Dicke zu, und wenn auch die starren Massen an sich keinen größeren Raum einnehmen würden, als im feuerflüssigen Zustand, so kann dieß doch darum der Fall sein, weil die feuerflüssige Masse unter dem hohen Druck stärker verdichtet war, als dieß im starren Zustande möglich ist. Man hat bemerkt, daß die Ausbrüche größerer Vulkane seltener, aber in gleichem Maße heftiger sind, als bei kleineren, und daß die furchtbarsten Ausbrüche dann erfolgen, wenn ein Vulkan Jahrhunderte hindurch geruht hat. Im Laufe dieser Zeit ist die starre Kruste, welche den Kraterschlund schließt, durch Abkühlung zu bedeutender Dicke angewachsen und kann nur durch eine gewaltige Kraft durchbrochen werden. Die furchtbar verheerenden Ausbrüche des Vesuvs im Jahr 79 v. Chr. und des Galung-gung auf Java im Jahre 1822 erfolgten nach so langer Ruhe, daß man die Berge für vollkommen erstorbene Vulkane hielt.

Der ungeheure statische Druck der feuerflüssigen Säule giebt, namentlich

bei höheren Bergen, leicht zu seitlichen Durchbrüchen der Bergwand Veranlassung. Die Lava fließt dann nicht langsam über, wie am oberen Kraterrand, sondern schießt mit Gewalt hervor. Wie Buch erzählt, sah man 1794 aus mehren Oeffnungen an der Seite des Vesuv Lava in parabolischen Bogen herforspringen. Solche seitliche Eruptionskanäle werfen dann auch Schlacken und Asche aus und bilden ihre besonderen Kegel, wie man am Aetna z. B. deren über 700 gezählt hat.

Nichts ist gewisser, als daß zu der flüssigen Lavasäule in geringeren Tiefen durch die Spalten der Gebirgsschichten Wasser zutreten, und daß die Bildung von Dämpfen und das gewaltsame Emportreiben derselben die Ursache der donnernden Explosionen und heftigen Schlackenauswürfe sind. Die Masse von Wasserdämpfen, welche die austretenden Laven enthalten, beweisen es, und es spricht dafür die geographische Lage der Vulkane. Von den 163 jetzt noch auf der Erde thätigen Vulkanen liegen 96 auf Inseln und die übrigen 67 liegen nicht über 40 Meilen vom Meere ab, mit Ausnahme der zwei innerasiatischen Vulkane, Peschan und Hotscheou, welche 300 Meilen vom indischen Meere und 360 Meilen vom Obischen Meerbusen entfernt liegen sollen. Man muß indessen nicht vergessen, daß man von diesen Vulkanen nur durch chinesische und japanische Schriften Kunde hat. Wenn jedoch auch ihr Vorhandensein durch neuere Forschungen bestätigt würde, so läge nach den mitgetheilten Erfahrungen nichts Unnatürliches darin, Wasserbehälter im Innern des asiatischen Hochlandes anzunehmen, von der Größe bedeutender Seen, deren Wasserreichthum genügte, mehr als die beiden genannten Vulkane in Thätigkeit zu setzen.

Verderblicher wirken die vulkanischen Kräfte, ehe sie in einem Schlunde einen Ausweg gefunden, durch die Erschütterungen des Bodens, welche oft nur in kleineren Bezirken, manchmal aber auch fast gleichzeitig auf beträchtlichen Theilen der Erdoberfläche wahrgenommen werden. Die verderblichen Wirkungen der Erdstöße haben das Bestreben hervorgerufen, äußere Anzeichen bezüglich des Ortes und der Zeit ihres Vorkommens aufzufinden. Alle diese Bemühungen waren vergeblich. Wenn auch die vulkanreichen Gegenden vorzugsweise häufig erschüttert werden, so sind doch weit von allen Vulkanen die heftigsten Stöße vorgekommen und Gegenden, welche, wie das Flachland von Holland, die norddeutsche Ebene, das Indus-delta, keine Spur eines vulkanischen Charakters an sich tragen, haben ihre Erschütterungen gehabt. In Aegypten, welches man lange für befreit von Erdbeben hielt, sind Erdstöße verspürt worden, schon Strabo erzählt, daß die Memnonssäule durch eine Erschütterung des Bodens umgestürzt worden sei. Man kann daher behaupten, daß Erdbeben in allen Theilen der Erde vorkommen und möglich sind. Sie sind zu allen Stunden des Tages und der Nacht, zu allen Jahreszeiten gleich häufig; weder ein ungewöhnlich tiefer, noch ein hoher Barometerstand, weder das Thermometer, noch magnetische oder elektrische Instrumente kündigen eine Erderschütterung an. Die Zustände des Luftmeeres scheinen von den Erdbeben wenig oder gar nicht berührt zu werden, obgleich es an mannichfachen Nachrichten über das Eintreten ungewöhnlicher Witterung nach Erdbeben nicht fehlt.

Selbst das unterirdische Getöse, welches häufig den Erderschütterungen vorangeht, kann nicht als ein sicherer, am Wenigsten aber als ein rechtzeitig warnender Vorbote betrachtet werden. Die Bewohner von Guanaxuato in Mexiko wurden vom 9ten Jan. 1784 an einen Monat lang durch ein unaufhörliches unterirdisches Donnern in Schrecken erhalten, ohne daß die geringste Erschütterung nachfolgte. Dagegen hatte der furchtbare Stoß, welcher im Jahre

1797 die Stadt Riobamba völlig zerstörte, seine Wirkung in wenigen Sekunden ausgeübt, ohne daß nur das leiseste unterirdische Geräusch vernommen worden war.

Am Mittelpunkt der Erschütterung werden meist senkrecht aufwärts gehende Stöße empfunden, und diese sind es namentlich, welche in wenigen Augenblicken so furchtbare Zerstörungen anzurichten vermögen. So war es bei dem Erdbeben, welches 1693 Catania in Sicilien zerstörte und 60000 Menschen das Leben kostete, so bei dem Erdbeben des Jahres 1783 in Calabrien, und von der Erschütterung, welche 1812 Caraccas zerstörte, erzählt v. Humboldt, daß sie mit einem 5 bis 6 Sekunden dauernden Stoße begann, welcher die Glocken bewegte; daß gleich darauf ein zweiter Stoß erfolgte, welcher doppelt so lange anhielt, und daß endlich ein senkrechter Stoß von 3 bis 4 Sekunden, welchem eine etwas längere undulatorische Bewegung folgte, die schöne Stadt in einen Haufen von Trümmern und Leichen zusammenwarf. — Nicht immer beruhigt sich der Boden so schnell wieder; in den Anden hat man schon öfter mehre Tage dauernde Erschütterungen beobachtet, in den Alpen schwankte der Boden im Jahre 1808 mehre Monate lang. Dasselbe ist 1811 in Nordamerika, nördlich von Cincinnati und 1822 in Aleppo wahrgenommen worden. Auf der Insel Zante ist der Boden seit Menschengedenken in fast continuirlichem sanftem Schwanken begriffen.

Von dem Stoßmittelpunkte aus pflanzt sich die Bewegung durch die Fels- und Erdschichten nach allen Seiten hin als eine Erschütterungswelle fort, in welcher die Theilchen, je weiter von dem Mittelpunkt, desto mehr in einer dem Horizont parallelen Richtung bewegt werden. Nicht selten versetzt sich bei aufeinander folgenden Stößen der Mittelpunkt des Erschütterungskreises, wie dieß z. B. nach Nöggerath's Darstellung bei dem Erdbeben der Fall war, welches am 29. Juli 1846 die Rheinlande erschütterte. Der Mittelpunkt eines ersten kleineren Erschütterungskreises von 6 Meilen Halbmesser lag bei St. Goar, in ihm wurde das Erdbeben am Stärksten empfunden; der Mittelpunkt eines zweiten Kreises lag 4 Meilen weiter westlich und der Halbmesser betrug 35 Meilen. Wie sich denken läßt, erleiden die Erdbebenwellen mannichfache Reflexionen an den Grenzen verschiedener Felsschichten, und namentlich scheinen die Gebirgszüge ihren Fortgang zu hemmen, so daß das Erdbeben anstatt in einem Kreise sich in unregelmäßigeren Gebieten verbreitet. In Ländern wie Chili und Peru, wo ein verhältnißmäßig schmales Land zwischen dem Meere und hohen Gebirgszügen sich weit hin erstreckt, ist eine fast lineare Verbreitung der Erdstöße nicht selten beobachtet worden. — Nur besondere Zustände im Innern der Erde können die Wirksamkeit eines nicht allzu schwachen Erdstoßes auf ein enges Gebiet beschränken, wie dasjenige des Erdbebens war, welches 1820 Coquimbo zerstörte. Um aber eine Vorstellung zu gewinnen, bis auf welche ungeheure Entfernungen die Erschütterungswellen sich fühlbar machen, ist es nur nöthig, den Verbreitungsbezirk des einzigen Erdbebens zu kennen, welches im Jahre 1755 Lissabon von Grund aus zerstörte. Die Erschütterungen dieses gewaltigen Stoßes wurden in den Alpen, in Liefland, Skandinavien, auf Island, auf den Seen von Canada und an den kleinen Antillen verspürt. An den Küsten dieser Inseln stieg die Fluth, welche sonst nicht die Höhe eines Meters erreicht, zu der siebenfachen Höhe an. In Lissabon selbst erhob sich das Meer 13 Meter über den höchsten Fluthstand, ungeachtet die Ebbe bereits eingetreten war und der Wind vom Land her wehte; es stürzte in die Straßen der Stadt und trug das Seinige zur allgemeinen Verwüstung bei. Die nämliche Erscheinung ist häufig an den Küsten zur Zeit der Erdbeben beobachtet worden und läßt auf heftige Erschütterungen des Meer-

bodens schließen. Es haben selbst auf hohem Meere Schiffe so kräftige Stöße erhalten, daß Menschen auf dem Verdecke in die Höhe geschleudert wurden und die Mastbäume splitterten. Von der Erschütterungsquelle aus eilt die Erdwelle im festen Boden der Meereswoge weit voraus und dieß ist die Ursache, daß man an den Küsten meist zuerst ein Zurückgehen des Meeres und dann erst eine anschwellende Woge beobachtet hat.

Die Geschwindigkeit der Verbreitung von Erschütterungswellen ist noch fast unbekannt, da die Erdbeben unvorhergesehen eintreffen und häufig auch dem eifrigen Beobachter die nöthige Gemüthsruhe rauben. Humboldt schätzte sie auf 5 bis 7 geogr. Meilen in der Minute. Wollte man nach der Schallgeschwindigkeit in den Felsschichten urtheilen, so würde man etwa eine Geschwindigkeit von 1500 bis 4000 Meter, im Mittel etwa 3000 Meter in der Sekunde, also von 24 Meilen in der Minute erwarten.

Im Innern dichter Felsmasse pflanzen die Erdbebenwellen sich fort, ohne eine Wirkung zu hinterlassen. Anders aber verhält es sich da, wo die Wellen an die Oberfläche der Erde oder an Spalten und Höhlungen im Innern der Gebirge treffen. Jede Schichte, welche ihre Bewegung nicht an eine folgende abgeben kann, wird mit doppelter Energie bewegt; alle lose aufliegenden Gegenstände, dünne sedimentäre Schichten, wie vielmehr das zerbrechliche Machwerk der Menschen, werden zusammengeworfen und aufwärts geschleudert. Die obere, von den Gewässern Jahrtausende lang durchfressene und vielfach durchhöhlte Erdkruste, wird von den gewaltigen Stößen gleichsam auf ihre Festigkeit geprüft und häufig durch Zusammensturz und Umwälzungen einer stabileren Gleichgewichtslage zugeführt. Berge stürzen ein, neue See- und Flußbetten bilden sich, die Erde zerreißt in langen Spalten, aus welchen in der Nähe von Vulkanen Feuer hervorbricht, aus welchen noch häufiger aber sich die unterirdischen Wasserbehälter in ungeheuren Schlammfluthen entleeren, die auf der Oberfläche der Erde Das mit fortreißen, was die Erschütterungen verschont hatten.

Die Ursachen so gewaltiger Bewegungen der Erdrinde mögen mannichfaltige sein; das Zerreißen erstarrter Massen auf der Innenseite der Erdkruste in Folge fortschreitender Abkühlung, oder der Druck hochgespannter Dämpfe, welcher, durch Berührung mit feuerflüssigen Laven in furchtbarem Grade erhöht, die glühenden Gase von Höhlung zu Höhlung treibt, bis sie in kühleren Regionen sich verdichten oder im Krater eines Vulkans einen Ausweg finden. Der nahe, oft beobachtete Zusammenhang der Erdbeben mit vulkanischen Ausbrüchen macht diese Annahme wahrscheinlich. In vielen Gegenden fürchten die Umwohner der Vulkane Erschütterungen, wenn sie aus dem Ausbleiben der Dampfsäule auf völlige Verstopfung des Kraters schließen müssen. Nach dem Erdbeben von Riobamba (1797) wurden die Antillen 8 Monate lang erschüttert, bis der Ausbruch eines lang erloschenen Vulkans auf Guadeloupe diesen Bewegungen ein Ziel setzte. Nach beendigter Eruption begannen neue Erdbeben, welche am 14. December Cumana zerstörten. F. Hoffmann will sogar die dreimonatlichen Erdbeben, welche 1759 Syrien verheerten, mit dem in Mexiko erfolgenden Ausbruch des Jorullo, welcher sich in einem Tage 480 Meter hoch aus der Ebene erhob, in Zusammenhang bringen. Uebrigens hatte auch in Mexiko selbst der Boden drei Monate lang vor diesem großartigen Lavenerguß gebebt. Ob die plötzlichen starken Erdstöße, nach Mallet's Ansicht, durch die eben so plötzliche Verdampfung stark erhitzter und in sphäroidalem Zustande [1]) befindlicher Wassermassen entstehen, muß vorerst dahingestellt bleiben.

---

[1]) Physik, S. 76.

Es kann nicht befremden, daß durch Erschütterungen, welche sich über ganze Welttheile verbreiten, große Strecken des festen Landes oder des Meeresgrundes über ihr früheres Niveau gehoben oder unter dasselbe gesenkt werden; und in der That fehlt es nicht an geschichtlichen Beweisen solcher Wirkungen, namentlich an den Küsten von Italien und von Chili. Ein interessantes Beispiel bieten die Reste des Serapistempels bei Puzzuoli. Drei noch aufrechtstehende Marmorsäulen stehen dicht am Meere und beinahe im Niveau desselben. Man fand sie 1749 bis zu 4 Meter Höhe in Schichten von Lapillen und Sand gehüllt und oberhalb auf 3 Meter hin von einer Meeresmuschel angebohrt, deren Schalen sich noch in den Löchern vorfanden. Hier muß also eine Senkung von mindestens 8 Metern (Naumann vermuthet bei der letzten Eruption der Solfatara im Jahre 1198) und eine spätere Erhebung stattgefunden haben, letztere wahrscheinlich bei der Eruption von 1538, welche zur Bildung des Monte nuovo Veranlassung gab. An der Küste von Chili sind die Hebungen und Senkungen in geschichtlicher Zeit äußerst zahlreich, und es müssen dieselben oft ruckweise bis zu ansehnlicher Höhe stattgefunden haben, da man die Muscheln, welche einst unterhalb der Meeresfläche lebten, jetzt noch unversehrt an den alten Strandlinien in einer Höhe antrifft, wo sie das Spiel der Wogen nicht erreicht. Ganz in der neuesten Zeit bei den Erdbeben von 1835 und 1837 sind Hebungen des Landes und Meeresbodens an der chilenischen Küste im Betrage von mehren Metern unzweifelhaft beobachtet worden. Aus den geologischen Anzeigen hat Darwin Beweise für die Erhebung der Küsten von Peru und Chili bis zu 130 und 160, an manchen Stellen bis zu 300 und 400 Metern entnommen; und zwar haben diese Erhebungen nach der Schöpfung der jetzt lebenden Molluskenspecies, also in der geologischen Epoche, in welcher auch wir leben, stattgefunden. — Zahlreich sind die Beispiele von Hebungen und Senkungen, welche man in gleicher Weise an den Küsten des Mittelmeeres und des Atlantischen Oceans gesammelt hat; die West- und Nordküste Skandinaviens ist schon seit vielen Jahrhunderten in stetem Steigen begriffen. Man hat die mittlere Erhebung in einem Jahrhundert auf 1 Meter bestimmt, während die Südküsten eben so gewiß, wenn auch in geringerem Maße, sinken. Eine Fischerhütte, welche man beim Graben des Kanals Södertölje 21 Meter hoch von Meeresablagerungen bedeckt fand, gab einen unwidersprechlichen Beleg, daß die nämlichen Gegenden, welche jetzt im Steigen sind, einst unter den Meeresspiegel hinabgesunken waren. Auch von den Küsten Grönlands und von Dalmatien weiß man, daß sie im Sinken begriffen sind.

Die außerordentliche Tiefe der ringförmigen Korallenriffe, von Thieren gebaut, welche höchstens 40 Meter unter dem Spiegel des Meeres leben können, hat Darwin zu dem scharfsinnigen Schlusse geführt, daß der Meeresboden der Südsee seit Jahrhunderten allmälig hinabsinkt.

Welch einen Blick gewähren diese Erfahrungen in die Bildung der heutigen Continente und ihrer Gebirgszüge! Wie kann man sich der Ansicht entschlagen, daß die Kräfte und Umstände, welche bei diesen allmäligen Hebungen und Senkungen mitwirken, die nämlichen sind, welche zur Zeit der Erdbeben plötzliche Effekte dieser Art hervorbringen? Anstatt jedoch näher in diese Betrachtungen einzugehen, wollen wir einen weiteren Rückblick in die Bildungsgeschichte unserer Erde werfen, nachdem wir die heutigen Wirkungen der beiden thätigen Elemente, des Wassers und des Feuers, kennen gelernt haben.

III. Geschichte der Erde.

Von La Place rührt der Gedanke, daß die Sonne sammt allen Planeten und sonstigen Angehörigen unseres Systems als Ein zusammenhängender feuriger Dunstnebel einst im Weltraume sich bewegt und dabei um eine Axe rotirt habe. Die Hypothese gründete der große Mathematiker auf die Thatsache, daß alle unserem Planetensysteme zugehörigen Weltkörper ihre Translations- und Rotationsbewegung in einerlei Sinn vollenden, eine Erscheinung, welche nur aus einem früheren Zusammenhange erklärbar ist. Man hat mit den besseren Refractoren am Himmel zahlreiche Lichtnebel wahrgenommen, zum Theil mit einem oder mehren helleren Kernen versehen, welche auf eine allmälige Verdichtung der leuchtenden Materie hindeuten. Jene Nebel in den entlegensten Räumen des Himmels befinden sich nun in der Bildungsperiode, welche unser Sonnensystem vor Billionen von Jahren durchlief, als der feurige Dunst bei allmäliger Abkühlung sich ballte. Die Schwungkraft war die Ursache, daß in der Aequatorialzone des Feuerballs einzelne Massen, oder geschlossene massige Ringe sich ablösten, welche dann im Sinne der allgemeinen Bewegung um den Centralkörper flogen. Indem sie zugleich um eigene Axen rotirten, wiederholten sie den Bildungsproceß, durch welchen sie entstanden waren, und schufen sich ihre Trabanten oder Ringe, wie sie dem Saturn eigen sind, und dem Neptun eigen sein sollen.

Wie das Große oft in dem Kleinen in überraschender Weise seine Erklärung findet, so ist es, mehre Jahrzehnte nach dem Tode des Urhebers der angeführten Hypothese, Plateau gelungen, den beschriebenen Bildungsproceß nachzuahmen. Ziemlich beträchtliche Massen von Olivenöl nahmen, in Mischungen aus Wasser und Alkohol von gleichem specifischen Gewichte schwebend, Kugelgestalt an. Auf der Schwungmaschine sah man die Kugel sich zu einem Sphäroid abplatten, und bei verstärkter Geschwindigkeit in einen rotirenden Ring auseinander gehen, welcher dann bei langsamerer Drehung in Kugeln zerfiel, die neben ihrer Bewegung im Kreise noch um eigene Axen rotirten.

Welche kosmische Ursache die frühere höhere Temperatur der Materie unseres Planetensystems bedingte, ist eben so unbekannt, als die Größe der Zeiträume, welche verflossen, bis die allmälige Abkühlung den größten Theil der heutigen Erdmasse in den feurig tropfbar-flüssigen Zustand übergeführt hatte. Eine solche Masse aber mußte unter dem Einfluß der durch die Rotation entwickelten Schwungkraft eine abgeplattete Gestalt annehmen, und das Abplattungsverhältniß $\frac{1}{289}$, welches Ivory [1]) auf theoretischem Wege für die Erde ableitete, stimmt sehr nahe mit dem von Bessel aus den zehn zuverlässigsten Gradmessungen berechneten wahrscheinlichsten Werthe $\frac{1}{299}$ überein. Wenn man bedenkt, daß der neugebildete Ball noch in der heftigsten Weißglühhitze sich befand, daß damals noch alles Wasser und viele jetzt gebundenen Gase und leichtflüchtige Körper in Dampfform die Atmosphäre erfüllten, welche somit einen ungeheuren Druck auf die Oberfläche des flüssigen Balles ausüben mußte, so leuchtet ein, daß die Erfahrungen der Chemie bis jetzt nicht ausreichend sein können, um anzugeben, in welcher Weise die Elemente des Erdkörpers verbunden waren. Dagegen darf man es als ausgemacht ansehen, daß die specifisch schwereren Massen sich im Allgemeinen dem Mittelpunkt der Erde näher zu lagern strebten. Die Dichte aller an der Erdoberfläche in größerer Verbreitung

---

[1]) Newton hatte $\frac{1}{230}$, Laplace $\frac{1}{305}$ gefunden.

vorkommenden Felsarten liegt zwischen den Grenzen 2,5 und 3, während die mittlere Dichte der Erde [1]) nach Reich's Versuchen 5,58 ist. Das Innere der Erde muß daher einen verhältnißmäßig weit größeren Reichthum an schwereren Metallen enthalten, und das Vorkommen der erzführenden Gänge scheint diesen Schluß zu bestätigen. Petzholdt will sogar an den doch aus verhältnißmäßig so geringer Tiefe hervorgetretenen Eruptivgesteinen, den Graniten, Porphyren, Trappen und Basalten, nach der Reihenfolge ihres Auftretens eine regelmäßige Zunahme der Dichte erkennen und aus der geringeren Dichte der noch jüngeren Trachyte und Laven schließen, daß diese durch glühende Wasserdämpfe in nicht großen Tiefen zusammengeschmolzen wurden.

Außer durch die Bewegungen, welche in jeder an der Oberfläche sich allmälig abkühlenden Flüssigkeit eintreten, mochte die einförmige Ruhe unseres Planeten in jener Zeit nur durch die Fluthwelle unterbrochen werden, welche täglich in der dichten Atmosphäre und an der Oberfläche des feuerflüssigen Meeres in großer Regelmäßigkeit umlief. Als, nach Millionen Jahren, die Zeit gekommen war, wo einzelne Theile der Oberfläche erstarrten, mußte jene Welle die dünne Rinde täglich zertrümmern, aber die Schollen, welche auf dem Feuermeer umhertrieben, mußten zuletzt sich zusammenfügen, ähnlich wie das Eis auf der Oberfläche der Flüsse sich stellt. Nachdem diese Rinde bei weiterer Abkühlung unzählige Male gerissen war und dem Feuerflüssigen überzutreten gestattet hatte, nachdem die Erdkruste allmälig eine beträchtliche Dicke und manche Unebenheiten angenommen hatte, mußte der merkwürdige Zeitpunkt eintreten, in welchem nicht alles Wasser mehr in tropfbarflüssiger Form sich in der Atmosphäre behaupten konnte. Die niederstürzenden Massen mußten zischend aufs Neue verdampfen und der Erde beträchtliche Mengen von Wärme entführen. Nachdem endlich in diesem unaufhörlichen Kampfe der Elemente das Wasser gesiegt, bedeckte es die mit nur geringen Unebenheiten versehene Oberfläche des Planeten in fast gleichmäßiger Schichte Seine Temperatur mußte unter 70° (Gerinnungspunkt des Eiweißes) gesunken sein, als das erste organische Leben erwachte, dessen spärliche Reste man in den ältesten Sedimentgebilden, den Grauwackeschichten, antrifft. Jene frühesten Pflanzen und Thiere gehörten dem Meere an, aus welchem das Land nur erst in wenigen Inseln hervorragte. Uebrigens finden sich bereits Repräsentanten aus allen Kreisen des Thierreichs, von den Polypen und Strahlthieren bis zu den Fischen; baumartige Farren, wie sie am Ende der Grauwackengruppe in allen Theilen der Erde auftreten, gedeihen heutzutage vorzugsweise nur in dem feuchten Klima der Südseeinseln bei einer mittleren Jahrestemperatur von 20° bis 23°.

Wenn unverwerfliche Zeugnisse, entnommen aus dem Lagerungsverhältniß der Gebirgsschichten und dem Vorkommen bestimmter organischer Reste in denselben, uns sagen, daß in den folgenden Bildungsperioden der Erde ganze Continente wiederholt sich über das Meer erhoben und sich wieder hinabsenkten, daß hohe Gebirgsrücken gehoben oder aus den feuerflüssigen Massen gebildet wurden, welche aus den weitgeöffneten Spalten der Erdrinde hervorquollen, so haben wir die vulkanischen Kräfte, welche Solches zu bewirken vermochten, genügend kennen gelernt, und es bleiben uns fast nur die Schwierigkeiten zu besiegen, welche sich uns in der Vorstellung so großer Zeiträume darbieten, wie sie zur Ablagerung mächtiger Sedimentärschichten und zur Hebung und Senkung großer Ländermassen erforderlich waren. Sehr anschaulich stellt Naumann die Ausbildung der erhobenen Gebirgsformen in folgenden Worten dar: „Die Erhe-

[1]) Physik, S. 62.

bung einer Gebirgskette lieferte nur den Modellblock, aus welchem das Gebirge im Laufe der Zeiten herausgearbeitet wurde. Die bereits vorhandenen Unebenheiten waren durch die ungleichmäßige Höhe der Erhebungen noch gesteigert, und diese Erhebungen mußten häufig mit großartigen Faltungen und Stauchungen der zuletzt abgelagerten Schichtensysteme, mit gewaltigen Verschiebungen, Zerberstungen und Aufrichtungen verbunden sein. Allein kaum war ein Gebirge gehoben, so wurde seine Oberfläche der Tummelplatz für das Spiel der atmosphärischen Einflüsse und Gewässer. Die Meteorwasser stürzten nieder und vereinigten sich zu Bächen, welche sofort in allen Rissen und Spalten, in allen Einsenkungen und Vertiefungen ihren Lauf nahmen und ihre Fallkraft wirken ließen. Mit ihnen arbeiteten der Frost des Winters und die Thaufluthen des Frühlings, der zwar nur leise, aber unermüdlich wirkende Zahn der Verwitterung und der nimmer ruhende Zug der Schwerkraft. Dazu gesellten sich in den höheren Gebirgen die mächtigen Arbeiten der Gletscher und aller Orten die Wirkungen der Erdbeben."

Indem man sich durch die Verwerfung der Schichten, wie sie durch Hebungen vielfach entstanden sind, nicht beirren ließ, vermochte man aus der Uebereinanderlagerung und dem Vorkommen organischer Reste das relative Alter der verschiedenen Meeresablagerungen zu bestimmen, und man hat, für Europa wenigstens, selbst die Grenzen des Continents und der Meere in den verschiedenen Bildungsepochen der Erde mit Wahrscheinlichkeit bestimmt [1]); und aus den Pflanzen- und Thierresten jener Schichten hat man, unter einiger Beihülfe der Phantasie, belebte Landschaftsbilder jener durch Millionen Jahre von uns getrennten Epochen entworfen. [2]) Einem geistreichen französischen Geologen, Elie de Beaumont, ist es gelungen, die Zeiten, in welchen sich die verschiedenen, bis jetzt gründlich erforschten Gebirgszüge — und es sind dieß fast nur europäische — bildeten, wenigstens relativ gegen das Alter der sedimentären Schichten festzustellen. Er ging dabei von den einfachen Grundsätzen aus, daß diese Schichten sich entweder horizontal, oder doch in wenig geneigter Lage abgesetzt haben und demnach, wo sie in steilerer Lage angetroffen werden, auf Hebungen hinweisen, welche nach ihrer Ablagerung stattgefunden haben. Er fand, daß der Hundsrück, die Eifel, die Ardennen, der Centralkern der Vogesen und des Schwarzwaldes, die Gebirge von Finnland und Lappland, das Riesengebirge, ein Theil des Böhmerwaldes und die schottischen Berge vor der Bildung der Grauwacke, die südlichen Vogesen, der Harz, das Centralplateau von Frankreich am Schlusse der Grauwackenepoche gehoben wurden.

Von da an tritt auf dem neugebildeten Lande eine äußerst üppige Vegetation, jedoch meist noch von solchen niedrig organisirten Pflanzen auf, welche ohne Samenlappen oder nur mit einem Lappen keimen. Die feuchtwarme und vielleicht auch kohlensäurereichere Luft mußte das Gedeihen einer Vegetation fördern, deren Reste wir jetzt noch in den Steinkohlen begraben finden. Nach ihnen hat die ganze Epoche ihren Namen. Es treten in ihr zuerst Süßwassermuscheln und zuerst luftathmende Thiere in Krebsen und Spinnen, in Käfern und anderen Insecten auf. Es hoben sich am Schlusse dieser Periode die Gebirge von Nordengland, von Südskandinavien und Südirland und der nördlichen Bretagne.

---

[1]) Man findet Karten der Steinkohlen-, der Jura-, der Kreide- und der älteren Tertiärperiode in Vogt's Lehrbuch der Geologie, theilweise nach Elie de Beaumont's Vorlesungen.

[2]) Das vorweltliche Thierreich ist nach Perioden kurz beschrieben in Vogt's zoologischen Briefen II, 591. Von Unger sind 14 Landschaften der Urwelt herausgegeben worden.

Das erste luftathmende Gliederthier in Gestalt einer beschuppten Eidexe tritt in der nun folgenden Periode der Ablagerung des Kupferschiefergebirges auf, an deren Schluß die Berge des Hennegau, von Südwales, Saarbrücken, vom Centrum der Bretagne und, nach Absatz des Vogesensandsteines, die beiden Ufer des Rheinthales zwischen Basel und Mainz, das Haardtgebirge, einzelne Theile der Vogesen, des Schwarzwaldes und Odenwaldes emporstiegen. Die Vegetation scheint in dieser Epoche spärlicher gewesen zu sein und namentlich aus Farren und Nadelhölzern bestanden zu haben. Desto reicher und mit immer zunehmendem Verhältniß der höher organisirten Pflanzen entfaltet sie sich in den folgenden Perioden, wo sich, nach dem Absatz des bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers, der Thüringerwald, ein Theil des Böhmerwaldes, die südwestlichen Vogesen und die griechischen Gebirge, nach dem Absatze der mächtigen Juraformation das Erzgebirge, die Cevennen, das Juragebirge, Cote d'or und der Ostrand des Centralplateaus von Frankreich, sowie endlich die Gebirge von Kamtschatka und der Kaukasus erhoben. Namentlich die Juraepoche war durch eine reiche Thierwelt belebt. Die riffbildenden Korallen waren so zahlreich, daß man ihnen die Bildung des ganzen Jura zugeschrieben hat. Fast an jedem Steine des Jurakalkes kann man die Reste von Echiniden, von Schnecken oder Ammonshörnern auffinden. Riesige Reptilien, unter ihnen die Seedrachen und Flugechsen, ferner See- und Landschildkröten von bedeutender Größe, traten auf, und in den obersten Schichten des Jura finden sich die ersten Reste eines Säugethieres, und zwar aus der niedersten Reihe dieser Klasse, den Beutelthieren.

In der nach den Kreidegebirgen benannten Schichtengruppe finden sich die ersten unzweideutigen Reste von Vögeln, außerdem eine große Menge von Fischen. Unter den Reptilien zeichnen sich die plumpen Formen der Dinosaurier aus. Diese Periode wird durch das Aufsteigen der Alpen der Dauphinée, des südlichen Alpenjura, der Berge der Vendée, der Kette des Pindus und derjenigen von Abhalzikeh im Kaukasus unterbrochen und durch die Erhebung der Pyrenäen, der Apenninen, Julischen Alpen, der Karpathen, des Balkan, der bosnischen und croatischen Berge, des achäischen Gebirges und des Atlas geschlossen.

Die gleichmäßige Verbreitung der Vegetation und das Vorkommen der Reste von solchen Thieren, welche nur inmitten einer reichen Vegetation hinlängliche Nahrung finden konnten, in höheren Breiten beweisen, daß bis dahin die eigenthümliche Erdwärme hingereicht hatte, ein gleichmäßiges tropisches Klima über die ganze Erde zu verbreiten. Die Sonnenstrahlen, welche zudem durch eine dichtere Atmosphäre und reichlicheres Gewölk noch mehr gehindert waren, zur Erde zu dringen, als heutzutage, entschieden noch nicht die Temperatur der Zonen. Selbst in der nun folgenden Tertiärperiode lebte noch eine Vegetation, welche wir in den Braunkohlenbecken von den südlichen Gebirgen Italiens bis zum Harze, von 41° bis zu 52° nördl. Breite, begraben finden und die ihres Gleichen heutiges Tages nur in den tropischen Gegenden hat. Die Sedimentgebilde dieser Periode rücken den Süßwasser- und Meeresablagerungen unserer Tage näher, die Pflanzen- und Thierklassen vervollständigen sich durch die noch fehlenden höher organisirten Geschlechter, und unverkennbar tritt in der jüngeren Tertiärflora der Einfluß klimatischer Verschiedenheit der Zonen hervor. Die eigenthümliche Verbreitung der über Norddeutschland ausgestreuten Blöcke skandinavischer Felsen macht es sogar nicht unwahrscheinlich, daß der nördliche Theil von Europa während eines gewissen Zeitraumes eine niedrigere Temperatur gehabt, als heutzutage, und daß er mit bis zur Meeresfläche hinab-

reichenden Eisfeldern bedeckt war. Wenn man bedenkt, daß in Südamerika in der Breite von Frankfurt noch heute die Gletscher bis zum Meere reichen, wenn man in Anschlag bringt, daß Europa außer der Erwärmung durch die Sonne noch eine Wasserheizung durch die Gewässer des Golfstroms und eine Luftheizung aus dem glühenden Ofen der afrikanischen Wüsten erfährt, so sieht man ein, daß eine tiefere Temperatur in Europa herrschen mußte zu einer Zeit, wo die Gestalt der Continente dem Golfstrome noch eine andere Richtung anwies, und die nordafrikanischen Flachländer noch nicht über die Meeresfläche emporgestiegen waren.

In der tertiären Zeit hoben sich die Berge von Corsika und Sardinien, von Toskana und dem Kirchenstaat, von Albanien, der Schweiz, des Rhonethals von Lyon abwärts, der Kette zwischen Saone und Loire; es stieg ein Theil des Pariser Beckens, Südengland, Kolchis und Georgien empor und der Kaukasus erfuhr eine letzte Hebung. Später stiegen die westlichen Alpen vom Montblanc und Monte Rosa bis zum Meere auf, die östliche Küstenkette Spaniens und theilweise die skandinavischen Alpen. Eine noch spätere Hebung schob die östlichen Alpen von Wallis bis nach Ungarn in die Höhe.

Im Kap Tenare in Griechenland, in der Provence, in Sicilien und Neapel, sind selbst Hebungen noch nach Ablagerung des Diluviums oder Schuttlandes, also seit dem Bestehen der Organisationen der Jetztwelt, vorgekommen. Möglich, daß das Menschengeschlecht, von welchem in keiner der früheren Perioden Reste zu finden sind, noch Zeuge dieser Hebungen war, wie wir es sind von den Hebungen in Chili und Skandinavien.

Der große, der Westküste Amerika's entlang gehende Gebirgszug und das höchste asiatische Gebirge, der Himalaya, sind verhältnißmäßig sehr jugendlichen Alters und es scheint fast, als ob die Höhe der Gebirgserhebungen zunehme mit der Kraft, welche erforderlich war, die immer dicker werdende Erdkruste zu sprengen. Soweit wir den Umfang der Bildungen (Anschwemmungen, Alluvialgebilde) ermessen können, welche in der jetzigen Periode, seit dem Bestehen des Menschengeschlechtes, zu Stande gekommen, erscheint uns ihre Dauer verschwindend gegen die Zeiträume, welche seit dem Auftreten der ersten sedimentären Schichten verflossen. Zu der Bildung der preußischen Steinkohlenflötze ist, nach G. Bischof's Berechnung, mindestens eine Million Jahre erforderlich gewesen und aus der wahrscheinlichen Temperatur zu jener Zeit und den Beobachtungen über die Erkaltungsgeschwindigkeit einer glühenden Basaltmasse hat derselbe Forscher abgeleitet, daß seit der Steinkohlenperiode mindestens 9 Millionen Jahre verflossen sein müssen. Wollen wir daher auch annehmen, daß auch der jetzige Zustand unsers Planeten nur ein vorübergehender sei, daß ihm dereinst durch neue Gebirgshebungen ein Ende gemacht werde, und daß eine noch vollkommenere organische Schöpfung an die Stelle der jetzigen trete, so spricht doch Alles dafür, daß der Zeitpunkt dieser Katastrophe ein noch sehr entfernter sei. Der jetzige Bestand der Erde erscheint um so gesicherter, als die plutonischen Kräfte in den Vulkanen eine Ableitung finden, welche ihnen in früheren Bildungsperioden der Erde fehlte.

Indessen schreitet die Abkühlung des Erdinnern zwar langsam, aber unaufhaltsam fort, die warmen Quellen und die Thätigkeit der Vulkane entführen mit jeder Stunde der Erde Wärmemengen, welche ihr nie wieder ersetzt werden. Die Zeit muß kommen, wenn auch unser Geist die Länge der Zeiträume nicht zu erfassen vermag, wo der Mittelpunkt der Erde keine höhere Temperatur hat, als jetzt die Oberfläche; dann giebt es längst keine warmen Quellen mehr, die Vulkane sind erstorben und keine Hebungen von Gebirgen durch innere Kräfte

sind mehr denkbar; dann ist dem nagenden Zahn der Zeit, der zerstörenden Wirkung der Gewässer, keine Gegenkraft mehr geboten. Wenn die Berge einst von dem ewigen Kreislauf der Gewässer zerfressen und ins Meer hinabgeflößt sind, bietet die Oberfläche der Erde nur noch eine große Wasserwüste dar, oder sie wird zur trocknen, wasserlosen Einöde, wenn die Gewässer sich in tieferen Spalten der völlig erstarrten Erde verlieren. Will man diese Betrachtungen, welche mehr die Phantasie als die nüchterne Forschung beschäftigen, noch weiter ausdehnen, so kann man daran denken, daß die Wärme und das Licht, welche in jedem Augenblicke der Sonne entströmen, nur zum kleinsten Theile zu diesem Körper zurückkehren. Welches auch die Quelle dieser Kräfte sei, sie muß sich endlich erschöpfen, und dann werden die Planeten ohne eine Spur von Leben nur noch in einem dunkeln und kalten Raume schweben. Wenn das Gesetz des periodischen Wechsels, welches wir sonst in den Erscheinungen des Himmels herrschen sehen, auch dann noch sich bewährt, so wird unser Sonnensystem auf seiner Reise in diejenigen Regionen des Himmelsraumes gelangen, in welchen die Ursache aufs Neue einwirken kann, welche dereinst die ganze Masse in einen feurigen Dunstball verwandelte.

Die Atmosphäre.

I. Verhältniß der Atmosphäre zum Lichte.

Die Sonne beleuchtet diejenige Zone der Erde am Kräftigsten, auf welche die Strahlen lothrecht oder doch nahezu lothrecht herabfallen. Man vergleiche die reiche Blüthenpracht tropischer Gewächse mit den bescheidenen Blumen des Nordens, das Gefieder der Papageien und Kolibri mit dem der Eule und des Sperlings, das gefleckte Fell des Panthers mit der einfarbigen Hülle unserer Hausthiere, und man wird die Wirkung der helleren Tropensonne nicht verkennen. Die Polarländer würden in ihrer fast halbjährigen Nacht in tiefes Dunkel gehüllt sein, wenn nicht eine lange Dämmerung, die helle Schneedecke und die häufigen elektromagnetischen Lichter (Nordlichter) einigen Ersatz böten.

Nur ein Theil des Lichtes, welches an der Grenze der Atmosphäre ankommt, gelangt bis zur Erdoberfläche herab; ein anderer Theil wird an den immer dichter werdenden Luftschichten, mehr noch aber an den feinen Hüllen der Nebelbläschen zurückgeworfen oder in der Luft verschluckt. Von den zurückgeworfenen Strahlen gelangen übrigens viele nach abermaliger oder mehrmals wiederholter Reflexion doch noch zur Erde, ja selbst ein Theil des auf die Erdoberfläche auffallenden und von dieser zurückgestrahlten Lichtes wird von der Atmosphäre wiederholt zur Erde gesendet. Alle diese Reflexionen lassen uns die Atmosphäre so hell erscheinen, daß der Glanz des reinen unbewölkten Himmels das Licht aller Gestirne überstrahlt. Der Luftschiffer, welcher die dichtesten und dampfreichsten Schichten der Atmosphäre unter sich läßt, oder der Bergmann, welcher aus tiefem Schachte heraufblickend, vom Schimmer der Lufthülle nicht geblendet ist, sieht am hellen Tag die Gestirne am dunkeln Himmel glänzen.

Die Bestimmungen der Lichtmengen, welche für die directen Strahlen verloren gehen und welche uns bei steigender und sinkender Sonne von den verschiedenen Theilen des Himmels zukommen, sind schwierig und ihr Resultat noch unsicher. Bougner nahm an, daß von den Sonnenstrahlen, welche vom Zenith herabkommen, 81 Procent zur Erde gelangen, nach Lambert sind es nur 59 Procent. Eine neuere Berechnung von Clausius giebt folgende Resultate:

Zenithabstand der Sonne.	Ungeschwächtes Sonnenlicht.	Durch die Atmosphäre geschwächtes Sonnenlicht.	Ganze Lichtmenge, welche die Erde von der Luft empfängt.	Ganze Lichtmenge, welche zur Erde gelangt.
0°	1,000	0,750	0,186	0,936
60°	0,500	0,281	0,138	0,420
80°	0,174	0,033	0,067	0,100

Man sieht, daß in nahezu gleichem Verhältniß, wie durch die Schiefe des Auffallens, die Strahlen noch außerdem wegen des größeren Wegs durch dichtere Luftschichten geschwächt werden. Bei 80° Zenithabstand, — also unter dem 50ten Breitegrad und zur Aequinoctialzeit eine Stunde nach Sonnenaufgang oder vor Sonnenuntergang — ist die Helligkeit nur $^1/_9$ von derjenigen, welche die Zenithsonne gibt, nur $^1/_4$ derjenigen, welche um 9 U. 30 M. Vormittags oder 2 U. 30 M. Nachmittags herrscht. — Die Helligkeit des Himmelsgewölbes ist nicht an allen Punkten gleich, sie nimmt vielmehr von der Sonne aus gerechnet nach allen Seiten hin ab.

Niemanden, welcher mit den Gesetzen der Zurückwerfung des Lichtes vertraut ist, kann es überraschen, daß das vom Himmel uns zugesendete Licht theilweise polarisirt ist. Wenn man ein Nikol'sches Prisma, oder besser noch ein Polariskop [1]) zur Hand nimmt, so überzeugt man sich, daß das polarisirte Licht rechtwinklig zu der Ebene schwingt, welche durch die Sonne, den betrachteten Punkt des Himmels und das Auge des Beobachters geht. An zwei Stellen — wenn die Sonne im Horizont steht, 18°,5 über derselben und eben so viel Grade über ihrem Gegenpole — bemerkt man keine Polarisation. Diese neutralen Punkte nähern sich ihren zugehörigen Polen, wenn die Sonne sich erhebt, und in den beiden schmalen Zwischenräumen ist das Licht rechtwinklig gegen die außerhalb herrschende Richtung polarisirt. Die stärkste Polarisation findet man in einem Abstand von 90° von der Sonne.

Es war ein artiger Gedanke Wheatstone's, auf den Polarisationszustand der Atmosphäre eine optische Uhr zu gründen. Man denke sich die Sehaxe eines Polariskops in Richtung der Weltaxe gebracht und mit einem dem Aequator parallelen, in 24 Stunden getheilten Kreise verbunden, so kann man dann die Polarisationsebene des vom Himmel kommenden Lichtes aufsuchen, und da diese immer durch die Sonne geht, den Stundenwinkel derselben bestimmen. Eine solche Uhr ist noch an Orten anwendbar, wo man eine Sonnenuhr nicht mehr anbringen kann, und sie zeigt die Zeit selbst noch einige Stunden vor Sonnenaufgang und nach Sonnenuntergang an.

Man hat sich lange damit begnügt, die schöne blaue Farbe des Himmels daraus zu erklären, daß die Luft vorzugsweise die blauen Strahlen zurückwerfe. Daß die in größerer Menge durchgehenden orangenen Strahlen der Sonne jene Färbung ertheilen, welche man häufig beim Auf- und Untergang bemerkt, erschien nur als eine nothwendige Consequenz jener Eigenschaft. Allein schon der Umstand, daß die Sonne auch bei wolkenfreiem Himmel nicht immer mit rothgelber Farbe untergeht, zeigt, daß die Ursache nicht in einer unveränderlichen Eigenschaft der Luft gelegen sein könne. Nimmt man an, daß die Atmosphäre auch bei scheinbar nebelfreiem Himmel noch Dampfbläschen, gebildet aus sehr feinen Häutchen von tropfbar-flüssigem Wasser, enthalten könne, so werden die an der vorderen und an der hinteren Fläche solcher Wasserhäutchen reflectirten Strahlen zur Interferenz kommen, und sobald die Wasserschichte dick genug ist, um überhaupt eine Färbung durch Interferenz zu geben, muß zunächst die blaue Farbe im reflectirten, die orangene Complementärfarbe im durchgehenden Lichte auftreten. Werden die Nebelbläschen häufiger und ihre Wände dicker, so werden nicht nacheinander die Farben der Newton'schen Ringe in steigender Ordnung auftreten, sondern die Färbung wird immer mehr in Weiß übergehen, da die Nebelbläschen mit dickeren Wänden immer mit andern von jedem Grade

---

[1]) Physik, S. 244.

der Feinheit untermischt sind. Sowohl der Himmel, wenn er sich mit einem Nebelschleier überzieht, als die Sonne, wenn sie ihre Strahlen durch Nebelmassen sendet, erscheinen weiß. Sehr dicke Wolken aber lassen nur noch ein spärliches Licht durch, sie erscheinen dunkelgraublau, fast schwarz und vermögen, wenn sie den ganzen Horizont überziehen, den Tag in Nacht zu verwandeln.

Steigt man bei heiterem Wetter im Gebirge an, so sieht man den Himmel sich in immer tieferes Blau kleiden, vergleichbar dem der tropischen Gegenden. Von der Gruppirung des Gebirges und der Lagerung der Feuchtigkeit in demselben wird es abhängen, wie merklich jene Aenderung hervortritt. Man hat den Grad der blauen Färbung in verschiedenen Höhen verglichen, indem man eine weiße, mit stets gleicher Geschwindigkeit rotirende Scheibe so lange mit immer breiteren Sectoren von Kobaltfarbe bedeckte, bis man das Blau des Himmels genau nachgeahmt hatte. Die Gebrüder Schlagintweit fanden in den Alpen folgende Färbungen, ausgedrückt in Procenten der ganzen Scheibenfläche, welche mit Blau bedeckt werden mußten:

Höhe.	Färbung.	Höhe.	Färbung.
650 Meter.	40 Proc.	2600 Meter.	64 Proc.
1300 „	43 „	3250 „	80 „
1950 „	47 „	3900 „	92 „

Man sieht, daß die Beobachter in einer Höhe von 1950 Metern über das dichtere Wasserdampfmeer sich erhoben, denn von da an nimmt die Tiefe der Färbung auffallend rasch zu.

Wenn die Sonne in orangenem oder rothem Lichte auf- oder untergeht, färben sich auch die Wolken am Morgen- oder Abendhimmel mit gleicher Farbe und gewähren das prächtige Schauspiel der Morgen- und Abendröthe. Die nämlichen Wolken sind am hellen Tage weiß und verhalten sich nicht anders gegen das Licht, als der Firnschnee, welcher im Alpenglühen die rothen Strahlen der untergehenden Sonne zurückwirft.

Welchen Einfluß die lichtbrechende Kraft der Luft auf die Länge des Tages äußert, ist bereits in der Physik[1]) angeführt worden. Wohlthätiger noch wirkt die Atmosphäre durch Zurückwerfung des Lichtes, indem sie die Nacht in Tag und den Tag in Nacht allmälig durch die Dämmerung überführt. Ohne diesen Einfluß würde bis zum Augenblicke des Sonnenaufgangs die tiefste Finsterniß herrschen und diese dann plötzlich in eine den Augen unerträgliche Helle übergehen. Statt dessen sendet uns die beleuchtete Sphäre der Luft schon einige Strahlen zu, wenn die Sonne noch etwa 18° unter dem Horizonte steht, die Helle, welche der östliche Himmel verbreitet, nimmt stetig zu, bis endlich das Auge die glänzenderen Strahlen der heraufsteigenden Sonne mit Freuden begrüßt.

Die kürzeste Dauer der Dämmerung (im März und Oktober) beträgt im mittleren Deutschland etwa 2 Stunden, in Mitte des Sommers währt sie die ganze Nacht durch; unter den Polen wird die halbjährige Nacht, an ihrem Beginn und Ende, durch die Dämmerung um 50 Tage verkürzt.

Was wir Tageslicht nennen, ist das Licht, welches die Luft nach allen Seiten hin zerstreut zurückwirft; es erhellt die Räume unserer Zimmer, das Dunkel des Waldes, kurz, jeden Ort, in welchen die directen Sonnenstrahlen nicht dringen können. Wäre die Luft jener wohlthätigen Eigenschaft entkleidet,

---

[1]) Physik, S. 190.

so würden wir unsere Zimmer am Tage nur durch Spiegel mit Sonnenlicht beleuchten können.

Einige der Erscheinungen, welche durch das Licht in unserer Atmosphäre unter besondern Umständen hervorgerufen werden, wie die Luftspiegelungen[1]), der Regenbogen[2]) und die Erscheinung des Blitzes[3]), haben wir bereits in der Physik besprochen und es bleiben uns nur noch einige Worte über die selteneren Phänomene der kleineren und größeren regenbogenartigen oder nur glänzend hellen Ringe um Sonne und Mond, der sogenannten kleinen und großen Höfe und Nebensonnen, zu sagen.

Die kleineren Höfe nimmt man wegen des blendenden Glanzes der Sonne weniger leicht an dieser, als am Monde oder am Spiegelbild der Sonne in einer ruhigen Wasserfläche wahr. Sie bestehen aus einem graublauen Ringe, um welchen sich nach Außen ein weißlicher, dann ein gelber und rother Ring legen. Unter besonders günstigen Umständen beobachtet man zwei bis drei Farbenfolgen. Der Umstand, daß der blaue Ring nach Innen liegt, beweist, daß man es hier nicht mit einem Brechungs-, sondern mit einem Beugungsphänomen zu thun hat[4]); und in der That kann man die Erscheinung nachahmen, wenn man eine angehauchte oder mit Lycopodium bestreute Glastafel gegen Sonne, Mond oder gegen eine Lichtflamme hält. Je leiser man hauchte, je feiner also die Dunstbläschen sind, welche sich ansetzten, desto größer wird der gesehene Hof. Bei manchen Augenübeln läßt die getrübte Hornhaut ähnliche Ringe entstehen.

Die Ringe der großen Höfe kehren das Roth nach Innen, weßhalb schon Mariotte der Ansicht war, daß die Farben durch Brechung in Eisprismen zu Stande kommen möchten, welche in den höheren Regionen der Atmosphäre schweben. Die ungefärbten hellen Ringe erklären sich befriedigend aus der Reflexion der Sonnenstrahlen an den Flächen der nämlichen Prismen. Wo sich zwei helle Ringe oder auch helle mit farbigen Ringen schneiden, gewahrt man Flecken von stärkerem Glanze, welche darum den Namen der Nebensonnen erhalten haben. Doch sind solche Nebensonnen auch abgesondert von den Ringen beobachtet worden.

Wir gehen in die speciellere Erörterung dieser Phänomene, welche nur selten beobachtet werden und ohne weitere Folgen vorübergehen, nicht ein und richten unsere Aufmerksamkeit auf die Vorgänge in der Atmosphäre, welche in ihrer Gesammtheit den Namen Witterung führen.

II. Das Gesetz der großen Zahlen.

Der hervorstechende, zum Sprichwort gewordene Charakter der Witterungserscheinungen besteht in einer Veränderlichkeit, welche an keine Periode geknüpft, keinem Gesetz zu gehorchen scheint. Der große Einfluß, welchen die Witterung auf das Gedeihen des Menschen selbst und auf den Ertrag seines Fleißes äußert, hat zwar allgemein und zu allen Zeiten die Fragen nach den Veränderungen des Wetters und ihren Gründen hervorgerufen, aber merkwürdiger Weise nur äußerst wenig dazu beigetragen, den richtigen Weg der Forschung anzubahnen. Man hegte, wie noch heutzutage von den Anzeigen des Barometers,

[1]) Physik, S. 190. [2]) Ebendas. S. 202. [3]) Ebendas. S. 285. [4]) Ebendas. S. 195 und 223.

übertriebene Erwartungen von der Witterungskunde und, enttäuscht, verzweifelte man an der Möglichkeit der Lösung ihrer Aufgabe. Es gehört aber nur eine geringe Einsicht in den Gegenstand dazu, um zu erkennen, wie ungerechtfertigt jene Erwartungen und diese Zweifel sind. Man kennt die Natur der Kräfte, welche in den Erscheinungen der Witterung sich bethätigen; die Gesetze der Strahlung, der Absorption und Leitung der Wärme, die Entstehung der Winde, die Verdampfung des Wassers, das Gesetz der Spannkraft der Dämpfe, die Entstehung der Niederschläge sind keine Geheimnisse. Man kennt den Einfluß der Höhe über der Meeresfläche und den Unterschied, welchen das feste Land und das Meer für die genannten Vorgänge bieten. Aber wie für bestimmte Zeit und gegebenen Ort die Erscheinungen sich gegenseitig bedingen und compliciren, warum das eine Jahr einen kühlen Sommer bringt, warum zu einer andern Zeit eine Reihe milder Winter folgen, weiß man nicht und man ist voraussichtlich noch weit davon entfernt, die Gründe solcher Ereignisse einzusehen. Wen sollte dieß befremden? Fünfzehn Jahrhunderte war der Lauf der Planeten beobachtet worden, bis es Kopernikus gelang, eine richtige Ansicht über die Beziehung dieser Himmelskörper zu einander aufzustellen; und doch hatte man es hierbei mit durchaus periodischen Erscheinungen mit weit einfacheren Verhältnissen zu thun, als sie bei den meteorischen Vorgängen in Betracht kommen. Das Thermometer ist noch nicht 250, das Barometer kaum 200 Jahre alt, und es sind noch nicht 100 Jahre, daß man diese Instrumente zu regelmäßigen, für die Witterungskunde brauchbaren Beobachtungen anwendet; ja man darf sagen, daß erst in den letzten 30 Jahren Beobachtungen mit Sachkenntniß und Regelmäßigkeit an einer genügenden Anzahl von Orten auf der Erdoberfläche angestellt werden, um daraus Gesetzmäßigkeiten des Witterungsverlaufes entnehmen zu können. Die Begründung magnetisch-meteorologischer Stationen durch die englische, russische und nordamerikanische Regierung, die Anregung, welche in allen Beziehungen von Alexander von Humboldt ausging, und die Thätigkeit, welche Dove in den letzten Jahrzehnten entfaltete, haben das Meiste zu diesen Erfolgen beigetragen.

Die Witterungskunde ist die jüngste aller Zweige der Naturwissenschaften und sie bietet ohne Frage ungewöhnliche Schwierigkeiten. Der Forscher, welcher sich mit Untersuchungen über das Verhalten der Dämpfe, über Strahlung der Wärme, über eine Erscheinung an der elektrischen Säule beschäftigt, hat den ganzen Apparat vor Augen, an welchem die Erscheinung verläuft, er übersieht mit einem Blick alle Bedingungen des Resultates. Wie ganz anders verhält es sich mit den Erscheinungen der Witterung. Nordafrika, das Mittelmeer, Westindien, der atlantische Ocean, das Polarmeer, der ungeheure asiatische Continent sind die Stätten, auf welchen das Wetter sich ausbildet, welches dann über das kleine Europa hingeht und ihm gute oder schlechte Ernten bringt. Mag der einzelne Beobachter, dessen kleine Behausung zwischen den Bergen steht, noch so ängstlich bemüht sein, den Gang des Barometers und Thermometers zu verfolgen, seine Instrumente können ihm nur wenig von Dem sagen, was er zu wissen wünscht. Das leibliche Auge vermag die Werkstätte der Witterung nicht zu überblicken; soll aber das geistige an seine Stelle treten, so müssen Hunderte von Beobachtern, welche über jene Gebiete zerstreut wohnen, an übereinstimmenden Instrumenten, jahraus jahrein mit unverdrossener Regelmäßigkeit beobachten, und erst aus der Zusammenstellung zahlreicher Beobachtungen ergeben sich gewisse mittlere unveränderliche Resultate, mit deren Hülfe man dann die localen und temporären Abweichungen erkennen und verstehen lernt. Mit Hülfe solcher großen Beobachtungsgruppen lassen sich aus

dem Gewirre der vielfach sich kreuzenden Einflüsse die Wirkungen der constant und vorherrschend wirkenden Kräfte sondern, nach jenem Gesetze, welches die psychische Natur nicht minder als die physische beherrscht, dem Gesetze der großen Zahlen.

Wie mannichfach die Einflüsse sein mögen und wie schwer zu ergründen, welche die Witterung einer Jahreszeit bedingen, sie können nicht zahlreicher und schwieriger zu bestimmen sein, als die Beweggründe, welche einen Menschen veranlassen können, sich gegen das Eigenthum oder die Person seines Nächsten zu vergehen, oder gar Hand an sein eigenes Leben zu legen. Und doch ist die jährliche Zahl dieser Handlungen in einem größeren Lande eine fast unveränderliche oder sie ändert sich nur im Verhältnisse der wachsenden Bevölkerung. In Frankreich kommen jährlich 7200 Angeklagte vor die Assisenhöfe; in den sechs Jahren 1840 bis 1845 sind jedesmal genau zwei Drittel dieser Zahl verurtheilt, ein Drittel ist freigesprochen worden. 3020 Personen nehmen sich in demselben Lande jährlich das Leben.

Wenn man weiter erfährt, daß die Hälfte der Angeklagten nicht lesen noch schreiben kann, daß ein Drittel diese Fertigkeiten in mangelhaftem Grade besitzt, während ein Siebentel fertig liest und schreibt und nur ein Dreißigstel höhere Bildung erhalten hat, so erlauben diese Zahlen, welche von einem Jahr zum andern nur äußerst wenig schwanken, ganz bestimmte Rückschlüsse auf das Verhältniß der Bildung zur Sittlichkeit.

Von den 3084 Personen, welche sich im Jahr 1845 in Frankreich das Leben nahmen, wählten 1110 den Tod des Erhängens, 995 den des Ersäufens, 432 brachten sich mit Feuerwaffen, nur 130 mit schneidenden Werkzeugen ums Leben. Die Selbstmorde vertheilten sich, wie folgt, in die einzelnen Monate:

Januar	192	Mai	317	September	233
Februar	143	Juni	358	October	282
März	233	Juli	301	November	201
April	311	August	263	December	210

und auch in andern Jahren hat man eine ganz ähnliche Vertheilung beobachtet. Im März, wo nach dem Rausche der Wintervergnügungen mancher Städter sein Kapital an Gesundheit und Geld erschöpft sieht, stellt sich Lebensüberdruß ein; die Zahl der Selbstmorde steigt in auffallendem Grade gegen den Februar. Aber auch in den folgenden heißeren Monaten nimmt sie zu, indem einestheils die höhere Temperatur Gehirnkrankheiten erzeugt oder steigert, welche so häufig Veranlassung zum Selbstmorde werden, indem anderntheils die Bewegung und Absonderung im Freien leichter zu einer der bevorzugten Todesarten Gelegenheit gibt und endlich auf dem Lande der Mangel bis zur Ernte steigt. Im Juli und August, wo die Landbewohner vollauf beschäftigt sind, sieht man die Zahl der Selbstmorde sich mindern. In den letzten und ersten Monaten der Quartale ist die Summe der Selbstmorde um 150 bis 160 größer, als in den dazwischen fallenden Monaten, und die speciellen Listen weisen aus, daß dieser Unterschied großentheils mit dem Termin der Schuldenzahlungen zusammenhängt.

So fremd der berührte Gegenstand der Witterungskunde an sich ist, so gehen doch die angeführten Betrachtungen den nämlichen Weg, auf welchem man aus zahlreichen Beobachtungen atmosphärischer Erscheinungen zu Schlüssen über ihre gegenseitige Abhängigkeit und ihre Ursachen gelangt.

III. Die Atmosphäre in ihrem Verhältniß zur Wärme.

Die Wirkung der von der Sonne ausgesendeten Wärmestrahlen auf die Erdoberfläche und das Luftmeer bildet, verbunden mit der Umdrehungsbewegung der Erde, die erste einfache Ursache aller klimatischen Verschiedenheiten und Witterungserscheinungen; die Vertheilung des Starren und Flüssigen im großen Ganzen aber, die Erhebung der bedeutenderen Gebirgszüge und Hochländer über den Spiegel des Meeres, sind secundäre Ursachen, welche großartige Abänderungen in den Gang der Phänomene bringen, die sonst in monotonem Takte von Tag und Nacht, von Sommer und Winter verlaufen würden. Die wechselnde Reliefform des Landes und Meeresbodens, endlich die Abwechslung von trocknem Boden mit Sümpfen, mit Flüssen und Seen, ja selbst die besondre Bodencultur erzeugen im Verein mit den erstgenannten mächtigeren Einflüssen jene lebenvolle Mannichfaltigkeit der atmosphärischen Erscheinungen, aus welcher das Dauernde und das Gesetzmäßige herauszuheben unsre nächste Aufgabe ist.

So leicht die Luft von den Wärmestrahlen durchdrungen wird, so gibt doch ihre nach Unten zunehmende Dichte, sowie der nie fehlende Gehalt an tropfbarflüssigem Wasser in Form feiner Nebelbläschen, zu einer ziemlich starken Reflexion Veranlassung. Nur etwa zwei Drittel der Wärmestrahlen, welche an der oberen Grenze des Luftoceans anlangen, erreichen die Oberfläche der Erde. Das fehlende Drittel geht indessen nicht ausschließlich durch Reflexion verloren; ein Theil dieser Strahlen dient zur Erwärmung der Luft, weniger der dünneren Luft in höheren Schichten, welche leichter durchstrahlbar und von größerer Wärmecapacität ist, als derjenigen in der Nähe der Erdoberfläche, in welcher die aufgenommene Wärme außerdem noch den Dienst einer vollkommenen Vergasung des Wassergehaltes zu verrichten hat. Hierin liegt indessen nicht der einzige, ja nicht einmal der hauptsächliche Grund der höheren Temperatur, welche die unteren Luftschichten vor der Luft der oberen Regionen voraus haben. Vielmehr verdanken sie dieselbe vorzugsweise der Rückstrahlung aus der erwärmten Erdoberfläche und der Erwärmung durch unmittelbare Berührung mit derselben.

Seitdem man weiß, daß die Hitze des Erdinnern nur noch unmerklich zur Temperatur der Oberfläche beiträgt, kann man letztere allein noch als das Resultat eines beweglichen Gleichgewichts ansehen zwischen der von der Sonne ihr zugesendeten und von der Erde in einen umgebenden Raum von höchstens — 60° Temperatur [1]) zurückgestrahlten Wärme. Inmitten dieser entgegengesetzten Thätigkeiten behauptet die Erdoberfläche eine mittlere Temperatur von 14°,6. Ohne Zweifel würde diese niedriger sein, wenn die Erde der Atmosphärenhülle beraubt wäre, welche den Sonnenstrahlen leichter den Eintritt, als den dunkeln Wärmestrahlen der Erde den Rückweg gestattet.

Die wärmende Kraft der Sonnenstrahlen ist eine Thatsache, welche sich Jedem aufdrängt; allein ehe die Ausstrahlung dunkler Wärme von der Erde aus durch Pictet und Prevost [2]) in meteorologischen Untersuchungen mit in Betracht gezogen wurde, mußten die gewöhnlichsten Vorgänge der Atmosphäre räthselhaft erscheinen. Denken wir uns an einem Thermometer, welches im Schatten aufgehängt, gegen Wind und Regen und die Bestrahlung vom Boden

[1]) Physik, S. 354.

[2]) Physik, S. 345.

oder von benachbarten Wänden geschützt ist, von Stunde zu Stunde die Temperatur abgelesen, so werden die Beobachtungen eines einzigen Tages zwar, durch mancherlei Unbeständigkeiten der Witterung gestört, kein stetiges Anwachsen und Abnehmen der Temperatur zeigen, die Reihe der arithmetischen Mittel aber, welche man aus den zur nämlichen Stunde während eines ganzen Monats beobachteten Temperaturen berechnet, bieten schon das Bild eines sehr regelmäßigen Verlaufs, und dasselbe vervollkommnet sich noch, wenn in einer Reihe von Jahren in dem nämlichen Monat die stündlichen Beobachtungen wiederholt und aus allen zur nämlichen Stunde erhaltenen Zahlen die Mittel genommen werden. Die folgende Tafel enthält den täglichen Verlauf der Temperatur zu Halle in den Monaten Januar und Juli:

	Januar.	Juli.		Januar.	Juli.
Mittag	—1°,02	21°,51	Mitternacht	—2°,56	14°,90
1	—0°,69	22°,15	1	—2°,65	14°,09
2	—0°,59	22°,53	2	—2°,71	13°,55
3	—0°,72	22°,63	3	—2°,75	13°,42
4	—0°,98	22°,31	4	—2°,80	13°,75
5	—1°,39	21°,65	5	—2°,87	14°,49
6	—1°,67	20°,90	6	—2°,95	15°,52
7	—1°,89	19°,94	7	—2°,95	16°,65
8	—2°,05	18°,89	8	—2°,86	17°,91
9	—2°,19	17°,88	9	—2°,50	18°,91
10	—2°,31	16°,84	10	—2°,11	19°,82
11	—2°,44	15°,86	11	—1°,49	20°,69

Die höchste Tagestemperatur tritt in diesen beiden Monaten, wie in allen andern, nicht mit dem höchsten Sonnenstand gleichzeitig, sondern einige Zeit nach Mittag ein. Der Grund dieser Erscheinung, welche sich analog in mehren andern meteorologischen Phänomenen wiederholt, liegt darin, daß die Zunahme der Temperatur am Tage nicht einfach durch ein Zuströmen von Sonnenwärme, sondern vielmehr dadurch bedingt ist, daß die Ausstrahlung in die höhere Atmosphäre und den Himmelsraum von dem Zufluß der Wärme überwogen wird. Dieses Verhältniß dauert aber, da der Neigungswinkel der Sonnenstrahlen um Mittag sich nur langsam ändert, auch noch nach dem höchsten Sonnenstande einige Zeit fort, für Halle, wie man sieht, im Januar noch beinahe zwei, im Juli noch drei Stunden. Ueberwiegt endlich die Ausstrahlung, so nimmt die Tagestemperatur ab, anfänglich langsam, dann rascher, bis nach Untergang der Sonne, wo die Ausstrahlung allein noch übrig bleibt, die Temperatur so weit herabgegangen ist, daß sich aus diesem Grunde die Abkühlung verlangsamt. Sie dauert indessen fort, bis kurze Zeit vor Sonnenaufgang die Dämmerungsstrahlen wieder überwiegend zu wärmen beginnen und endlich die Sonne heraufkommt. Im Januar fällt das Minimum der Wärme auf halb 8 Uhr, im Juli zwischen 2 und 3 Uhr in der Frühe. Daß die ganze Temperaturschwankung im Juli 9°,2, im Januar nur 2°,4 beträgt, kann nicht überraschen, wenn man bedenkt, daß in den langen Winternächten die Ausstrahlung gegen Morgen hin äußerst gering wird, während die Erwärmung an den langen Sommertagen um so bedeutender ausfällt, je größere Mittagshöhen die Sonne erreicht. Die größten täglichen Schwankungen sind in der tropischen Zone beobachtet worden, wo der hohe Sonnenstand bei Tag eine intensive Hitze erzeugt und der reine Himmel die nächtliche Ausstrahlung in hohem Grade begünstigt. Bruce verlor auf seiner Reise durch die Wüste sämmtliche Lastthiere in einer Nacht, in welcher die Temperatur 37° unter die größte Tageshitze sank.

Wenn es gilt, die täglichen Temperaturextreme durch Beobachtung

zu finden, bedient man sich eines Quecksilber- und eines Weingeist-Thermometers, deren flüssige Säulen horizontale Lage haben. Der Quecksilberfaden schiebt ein leichtes Eisenstäbchen fort und läßt es bei sinkender Wärme am Punkte der höchsten Temperatur liegen; der Weingeistfaden nimmt beim Zusammenziehen mit seiner hohlen Oberfläche ein kleines Elfenbeinstiftchen mit bis zur Stelle der tiefsten Temperatur. Dort findet man es, wenn auch der Weingeist unterdessen sich wieder erwärmt und ausgedehnt hat.

Wichtiger indessen, als die Extreme, sind für die meisten meteorologischen Fragen die mittleren Temperaturen eines Tages, eines Monates oder Jahres, weil man hiermit Elemente von dauerndem Werthe gewinnt, deren Einfluß auf Alles, was von der Witterung abhängig ist, unfehlbar sich geltend macht und ersichtlich ist. Hat man an einem Orte im Monat Mai z. B. täglich von Stunde zu Stunde beobachtet und in den arithmetischen Mitteln von je 24 Beobachtungen die mittleren Temperaturen der einzelnen Tage, in dem arithmetischen Mittel dieser Zahlen aber die mittlere Temperatur des Monates gefunden, so wird diese von einer ganz in derselben Weise gefundenen Mitteltemperatur für den Monat Mai des folgenden Jahres noch merklich abweichen; aber das Mittel einer zehnjährigen Beobachtungsreihe wird sich von demjenigen eines folgenden Decenniums meist nur noch um einen Werth unterscheiden, welcher weder der Beobachtung zugänglich ist, noch für irgend welche meteorologischen Schlußfolgerungen in Betracht kommen kann. Dasselbe gilt für die mittlere Temperatur des Jahres. An dem nämlichen Orte wechseln kühlere Jahre mit wärmeren ab; allein es gehört wohl kaum eine Periode von 10 Jahren dazu, um in dem Mittel der Jahrestemperaturen eine völlig unveränderliche Größe zu erhalten, die sogenannte mittlere Temperatur des Ortes, welche das Fundament des thermischen Charakters dieses Ortes bildet. Sieben- und einhalbjährige Beobachtungen haben für Halle die folgenden Monatsmittel gegeben:

Januar	$-2^\circ,8$	Juli	$+19^\circ,2$
Februar	$-0^\circ,4$	August	$+17^\circ,1$
März	$+4^\circ,25$	September	$+14^\circ,8$
April	$+8^\circ,4$	October	$+9^\circ,1$
Mai	$+13^\circ,2$	November	$+3^\circ,1$
Juni	$+16^\circ,3$	December	$+2^\circ,4$

und es berechnet sich hieraus die mittlere Temperatur von Halle gleich $8^\circ,7$.

Es würde indessen schlimm um die Fortschritte der Witterungskunde stehen, wenn an jedem Orte stündliche Beobachtungen durch eine größere Reihe von Jahren fortgesetzt werden müßten, um zu den mittleren Temperaturen der Tage, der Monate, der Jahre, kurz zu den sogenannten thermischen Constanten des Ortes zu gelangen. Man findet leicht gewisse Tagesstunden heraus, deren Mitteltemperatur dem Tagesmittel gleichkommt, die vier Stunden: um 4 und um 10 Uhr Morgens und Abends, entsprechen z. B. dieser Bedingung. Es würden daher Beobachtungen zu diesen vier Stunden genügen, wenn man nicht an den meteorologischen Stationen außer der Temperatur noch andere Elemente, wie z. B. den atmosphärischen Druck, die Spannung des Wasserdampfs, zu bestimmen hätte. Die genannten vier Stunden liegen aber für diese Bestimmungen nicht gleich zweckmäßig und zudem für den Beobachter unbequem. Dove, dessen rastloser Thätigkeit die Meteorologie in den letzten Jahrzehnten ihre größten Fortschritte verdankt, ist daher der Ansicht, daß man besser die in Deutschland und Nordamerika ohnehin schon fast in allgemeinem Gebrauch stehenden Stunden, nämlich 7, 2 und 9 Uhr, beibehalte und auf indirectem Wege das Tages-

mittel zu erhalten suche. Zu diesem Zwecke hat der genannte Forscher den Gang der täglichen Temperatur aus mehrjährigen Beobachtungen für eine größere Zahl von Orten, welche, über die Erde zerstreut liegend, die charakteristisch verschiedenen Klimate repräsentiren (vergl. Tafel II.), durch genau anschließende Interpolationsformeln dargestellt, und rückwärts dann die Correctionen berechnet, welche man an der Mitteltemperatur irgend einer Tagesstunde der einzelnen Monate sowohl, als des ganzen Jahrs, anzubringen hat, um unmittelbar von ihr zum Tagesmittel überzugehen. Die folgende Tabelle enthält diese Correctionen z. B. für Rio Janeiro, für Halle und Nertschinsk, und zwar nur in Beziehung auf das jährliche Mittel:

	Rio Janeiro.	Halle.	Nertschinsk.		Rio Janeiro.	Halle.	Nertschinsk.
Mitternacht.	0°,26	2°,40	2°,42	Mittag.	— 0°,75	— 3°,06	— 4°,17
1	0,69	2,74	2,85	1	— 1,12	— 3,29	— 4,42
2	1,12	2,94	3,36	2	— 1,40	— 3,20	— 4,35
3	1,50	2,92	3,80	3	— 1,54	— 2,84	— 3,91
4	1,70	2,71	4,07	4	— 1,50	— 2,29	— 3,31
5	1,71	2,27	4,00	5	— 1,32	— 1,65	— 2,54
6	1,55	1,71	3,40	6	— 1,06	— 1,01	— 1,64
7	1,24	0,94	2,31	7	— 0,80	— 0,40	— 0,75
8	0,87	0,02	0,82	8	— 0,60	— 0,22	0,15
9	0,47	— 0,95	— 0,80	9	— 0,41	0,81	0,91
10	0,07	— 1,82	— 2,25	10	— 0,27	1,64	1,45
11	— 0,34	— 2,57	— 3,46	11	— 0,05	1,94	2,01

Es ist leicht, aus dieser Tafel die Correctionen abzuleiten, mittelst welcher man aus irgend einer Combination von Tagesstunden zu dem Tagesmittel übergeht; die Combination 7, 2, 9 giebt z. B. an den genannten Orten:

	Rio Janeiro.	Halle.	Nertschinsk.
7	1,24	0,94	2,31
2	—1,40	—3,20	—4,35
9	—0,41	0,81	0,91
Summe:	—0,57	—1,45	—1,13

Werden diese Verbesserungen an der Summe der zu jenen Stunden gefundenen Mitteltemperaturen angebracht, so wird der dritte Theil des Restes dann dem Tagesmittel äußerst nahe kommen. Da an benachbarten Orten von ähnlichem klimatischen Charakter der tägliche Temperaturverlauf gleichfalls ein ähnlicher ist, so werden die von Dove berechneten 29 Normalstationen in den meisten Fällen ausreichen.

Durch das Studium der Witterungsgeschichte eines Zeitraums von 115 Jahren, von 1729 bis 1843, und durch eine geistreiche Combinirung der Resultate ist es dem genannten Forscher gelungen, Mittel zu finden, durch welche selbst Beobachtungen von kürzerer Dauer, z. B. Monatsmittel oder Jahresmittel nur einjähriger Beobachtungen, zur sehr genäherten Ableitung der wahren Monatsmittel und der mittleren Temperatur des Ortes benutzt werden können. Jene Geschichte lehrte, daß erhebliche Abweichungen der Monatstemperatur eines Ortes in irgend einem Jahre vom wahren Mittel niemals vereinzelt auftreten, daß vielmehr der nämliche Witterungscharakter immer über größere Erdstrecken verbreitet ist, so daß an eine gewisse Stelle das Extrem der Abweichung fällt, welche von da aus durch normale Verhältnisse in das entgegengesetzte Extrem übergeht. Nicht die ganze auf der Erde verbreitete Wärmesumme, sondern die

Art der Vertheilung ist veränderlich. Giebt es daher nur eine genügende Anzahl meteorologischer Stationen, welche als treue Geschichtsschreiber die Chronik der Witterung führen und deren wahre Monatsmittel bereits aus langjährigen Beobachtungen festgestellt sind, so können die in verschiedenen Jahren auftretenden Anomalieen erkannt und die Correctionen berechnet werden, durch welche den Beobachtungen an Orten zwischen jenen Normalstationen der temporäre Charakter benommen und ein wahres Mittel daraus gewonnen wird. Es ist wiederum Dove, welcher das nöthige Material für 15 Normalstationen (vergl. Tafel III.) sammelte und in der Art benutzte, daß die Monatsmittel für 900 Stationen mit großer Annäherung an die dauernden Werthe berechnet werden konnten. Jene Stationen sind: Madras, Palermo, Mailand, Genf, Wien, Regensburg, Stuttgart, Karlsruhe, Berlin, Kopenhagen, Torneo, London, Kinfouns Castle, Zwanenburg, Paris, Salem, Albany, Goothaab und Reykiavig.

Die mittlere Temperatur eines Ortes kann nicht selten durch eine einzige Eintauchung des Thermometers in eine an dem Orte zu Tage kommende Quelle gefunden werden, und es ist dieß namentlich für Reisende, welche eine Gegend nur einmal betreten, ein unschätzbares Mittel. Aus Dem, was wir oben S. 17 über die physikalischen Verhältnisse, insbesondere über die Temperatur der Quellen, mitgetheilt haben, ergiebt sich, unter welchen Beschränkungen jenes Mittel der Beobachtung anwendbar ist.

Die Seite 51 mitgetheilten Monatstemperaturen stellen den jährlichen Gang der Wärme in Halle dar. Der Juli ist der heißeste, der Januar der kälteste Monat; in die letzte Hälfte des April und Oktober fällt die mittlere Jahrestemperatur. Daß das Maximum der Wärme erst drei Wochen nach dem höchsten Sonnenstande eintritt, ist eine Folge des noch fortdauernden Uebergewichts der Einstrahlung während der langen Sommertage über die nächtliche Ausstrahlung. Ohnehin ändert sich der Sonnenstand in der Nähe der Solstitien nur äußerst langsam, und es dauert darum auch die Temperaturerniedrigung noch drei Wochen nach dem kürzesten Tage fort. So verhält es sich wenigstens im mittleren Europa, welches hier durch Halle repräsentirt ist.

Unter dem Aequator, über welchen die Sonne zweimal im Jahre durch's Zenith geht, treten zwei Maxima der Temperatur in unsern Herbstmonaten ein; in der südlichen Erdhälfte fällt die höchste Temperatur auf unsere Wintermonate. Die Größe der jährlichen Schwankung muß von der tropischen Zone nach den Polen hin zunehmen, da die Aenderungen im Mittagsstand der Sonne und mehr noch im Sinus der Sonnenhöhe, welchem die Einstrahlung proportional ist, ferner in der Tageslänge und in der Dicke der Schichte, welche die Strahlen in der Atmosphäre zu durchlaufen haben, mit der Breite wachsen, wie die folgenden Zahlen näher ausweisen. Bei der Berechnung der letzten Spalte ist die mittlere Höhe der Atmosphäre zu zehn Meilen angenommen:

Geogr. Breite.	Aenderungen während des Jahres:			
	in der Sonnenhöhe.	im Sinus der Sonnenhöhe.	in der Tageslänge.	in der Dicke der durchstrahlten Atmosphärenschichte.
0°	90°—66°,5	1000—917	12^h — 12^h	10 Meilen — 10,8 Meilen.
50°	63°,5—16,5°	895—284	$16^h\ 10'$ — $7^h\ 50'$	11,2 „ — 33,2 „
66°,5	47°—0°	731—0	24^h — 0 „	13,6 „ — 130,0 „

Sehr entschieden treten die durch diese Ursachen bedingten Verschiedenheiten in dem jährlichen Gang der Temperatur zu Quito, Halle und Enontekis hervor:

	Quito.	Halle.	Enontekis.
Geogr. Breite.	— 0° 14′	51° 30′	68° 30′
Januar.	14°,6	— 2°,8	— 17°,8
Februar.	16°,1	— 0°,4	— 16°,7
März.	15°,6	4°,25	— 11°,4
April.	15°,5	8°,4	— 3°,25
Mai.	15°,9	13°,2	2°,6
Juni.	15°,0	16°,3	9°,45
Juli.	15°,1	19°,2	14°,5
August.	16°,1	17°,1	13°,7
September.	16°,3	14°,8	5°,6
October.	15°,5	9°,1	— 2°,3
November.	15°,3	3°,1	— 11°,25
December.	15°,8	2°,4	— 16°,4
Unterschied des wärmsten und kältesten Monats.	1°,7	22°,0	32°,3

Die geringen Schwankungen in Quito werden übrigens durch die bedeutende Höhe dieses Ortes über der Meeresfläche noch mehr gemäßigt. Der kurze, aber verhältnißmäßig heiße Sommer von Enontekis findet sich an den meisten Orten des hohen Nordens wieder und beweist, daß die Länge der Tage (in Enontekis geht die Sonne schon Wochen lang gar nicht mehr unter) Das zu ersetzen vermag, was durch die Schiefe der Strahlen der Sonne an wärmender Kraft verloren geht. Diese warmen Sommer machen den Anbau von Sommergetreide noch in hohen Breiten möglich, wo unter der dünnen aufgethauten Schichte der Boden bis in mehr als 100 Meter Tiefe gefroren bleibt. Die Hitze dieser Sommer war es, von welcher Maupertuis bei der Gradmessung in Lappland im Jahre 1736 zu leiden hatte, während Bouguer und Condamine bei ihren Triangulirungen am Aequator auf den Gipfeln der Cordilleren vor Kälte starrten.

Es ist nicht ohne Interesse, die Temperaturextreme zu kennen, welche bis jetzt auf der Erde beobachtet worden sind. Die folgende Tafel, S. 56 u. 57, welche wir in unseren Betrachtungen noch öfter benutzen werden, zeigt, daß das höchste Jahresmittel von 31° in Pondichery, das niedrigste von — 17°,1 im Fort Entreprise und auf der Melvilleinsel, beide im nordamerikanischen Polarland, beobachtet wurden. Die Temperatur des Meerwassers hat man niemals höher als 31°,5 gefunden; unter — 4° kann sie nicht sinken. Das höchste Monatsmittel von 37°,8 findet sich im Mai zu Ambala in Indien, das niedrigste von — 43°,0 in Jakuzk im Monat Januar, ein Spielraum von über 80°. Die höchste Temperatur, welche man überhaupt auf der Erde beobachtet hat, fand Ritchie in der Oase Mourzuck zu 54°, während von dem Capitain Back im Fort Reliance die tiefste Temperatur von — 56°,6 beobachtet wurde. Keine Pflanze, kein Thier kann einen solchen über 110° sich erstreckenden Temperaturunterschied ertragen, wie dieß der Mensch vermag, welcher sich sogar an jene hohen, wie an die tiefen Temperaturen gewöhnt. Leichter wird übrigens von den Bewohnern gemäßigter Klimate die Kälte der Polarzone, als die Hitze der Tropen ertragen, gegen welche kein Schutzmittel zu finden ist.

In jenen höchsten Kältegraden indessen vermochten die kühnen Reisenden, welche die Polarzone besuchten, nur bei ganz ruhiger Luft auszudauern; der leiseste Luftzug wurde dann verderbenbringend, und verbot selbst eine Bewegung von nur wenigen Schritten im Freien.

Man hat die Wärmemenge, welche die Sonne der Erde jährlich zusendet, für hinreichend gehalten, um eine die Erde gleichmäßig deckende Schichte von 14 Meter Höhe zu schmelzen, von der Temperatur des umgebenden Weltraumes weiß man nur, daß sie nicht wohl höher als — 60° sein kann. Gesetzt, daß man dieser Umstände völlig gewiß wäre und daß die überall gleich beschaffene Erdoberfläche sich an allen Punkten bezüglich der Aufnahme und Ausstrahlung von Wärme gleich verhielte, so würde es noch immer schwierig sein, aus den Gesetzen der Wärmestrahlung und der Absorption durch die Atmosphäre die Temperatur der einzelnen Breitekreise abzuleiten. Unter den gegebenen Umständen aber, unter welchen derselbe Parallel Orte von sehr ungleicher mittlerer Temperatur trifft, ist es allein möglich, aus den Beobachtungen selbst die mittlere Temperatur der verschiedenen Breitenkreise zu berechnen. Die in folgender Tabelle enthaltenen mittleren Jahrestemperaturen sind nach einer auf die Temperaturtafel von Kämtz gestützten Interpolationsformel von Lamont, die mittleren Temperaturen in den Monaten Januar und Juli von Dove aus den reducirten Beobachtungen seiner 900 Stationen berechnet worden:

Nördliche Halbkugel.

Breite	Jahr	Januar	Juli	Unterschied
70°	— 6°,6	— 24°,1	7°,25	31°,35
60°	1°,5	— 15°,7	13°,5	29°,2
50°	9°,0	— 6°,8	17°,0	23°,8
40°	15°,4	4°,6	22°,0	17°,4
30°	20°,6	14°,75	25°,75	11°,0
20°	24°,5	21°,1	27°,7	6°,6
10°	26°,7	25°,1	27°,0	1°,9
0°	27°,6	26°,4	25°,9	— 0°,5

Südliche Halbkugel.

Breite	Jahr	Januar	Juli	Unterschied
— 10°	—	26°,2	24°,5	— 1°,7
— 20°	—	25°,0	21°,4	— 3°,6
— 30°	—	22°,4	17°,1	— 5°,3
— 40°	—	16°,1	9°,9	— 6°,2

Die Temperatur des heißesten Breitekreises erreicht selbst im Juli noch nicht 28°, über diejenige des Pols sagen die Beobachtungen selbst Nichts, die Interpolationsformeln geben für den Januar — 30°, 6; die mittlere Jahrestemperatur geht wohl nicht unter — 20°. Für die nördliche und südliche Halbkugel, sowie für die ganze Erde berechnen sich folgende mittlere Temperaturen:

	Januar	Juli	Unterschied	Jahr
Nordhälfte . . .	9°,42	21°,6	12°,2	15°,5
Südhälfte . . .	15°,25	12°,0	— 3°,2	13°,6
Ganze Erde . .	12°,33	16°,8	4°,5	14°,6

wenn man die Jahrestemperatur als Mittel der Temperaturen im Januar und Juli annimmt.

	Breite	Länge (Greenw.)	Höhe	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Heiß									
Kouka	13° 10′	o. 14° 30′	—	24.3	28.4	31.6	33.5	32.8	32.0
Massaua	15° 36′	o. 35° 56′	—	25.5	26.4	28.0	29.9	37.2	36.9
Bassora	30° 30′	o. 47° 41′	—	—	15.5	21.6	22.2	34.0	33.8
Ambala	30° 25′	o. 76° 45′	305	10.8	15.7	21.4	27.1	37.8	35.7
Benares	25° 18′	o. 82° 56′	97	16.9	22.5	26.1	32.2	34.6	32.4
Pondichery	11° 56′	o. 79° 52′	—	26.5	28.5	31.1	33.0	34.4	35.2
Kalte									
Fort Entreprise	64° 28′	w. 113° 6′	—	— 26.4	— 31.8	— 24.2	— 15.2	— 0.2	—
Melville-Insel	74° 47′	w. 110° 48′	—	— 35.1	— 35.8	— 27.9	— 22.3	— 8.4	2.3
Boothia felix	69° 59′	w. 92° 1′	—	— 33 7	— 35.6	— 33.7	— 19.2	— 9.1	1.2
Igloolick	69° 21′	w. 81° 53′	—	— 26.7	— 28.6	— 28.3	— 18.2	— 3.8	0.1
Ustjansk	70° 58′	o. 138° 24′	—	— 39.7	— 35.1	— 20.0	— 14.0	— 2.2	8.6
Matoschkin Schar	73° 0′	o. 57° 20′	—	— 15.4	— 22.1	— 15.3	— 13.2	— 6.8	1.4
Karische Pforte	70° 37′	o. 57° 47′	—	— 19.4	— 17.7	— 23.7	— 16.0	— 8.0	0.5
Seichte Bay	70° 40′	o. 58°	—	— 12.6	— 12.1	— 12.0	— 11.8	— 4.3	1.3
See-									
Sitcha	57° 3′	w. 135° 18′	—	1.3	0.9	3.3	4.8	8.9	12.1
Commewyne	5° 38′	w. 54° 42′	—	25.7	25.1	25.0	25.6	25.7	25.6
St. Vincent	13° 10′	w. 60° 30′	—	26.6	26.3	26.5	27.3	27.9	27.8
Quito	— 0° 14′	w. 78° 45′	2913	14.6	16.1	15.6	15.5	15.9	15.0
Falkland-Insel	— 52°	w. 61°	—	13.3	12.2	10.9	9.2	8.1	6.4
Reykiavig	64° 8′	w. 21° 55′	—	— 1.2	— 2.0	— 1.2	2.5	7.1	10.9
Plymouth	50° 22′	o. 4° 7′	—	7.0	7.1	7.5	9.2	12.7	14.9
Singapore	1° 17′	o. 103° 50′	—	25.9	26.8	26.9	27.1	27.6	27.5
Samarang	— 6° 50′	o. 110° 30′	—	26.7	27.1	26.9	28.1	28.0	27.2
Continentales									
Paris	48° 80′	o. 2° 20′	36	1.9	4.2	6.7	9.9	14.5	17.1
Frankfurt	50° 10′	o. 8° 37′	108	— 0.3	2.6	5.3	9.5	14.3	17.5
Berlin	52° 30′	o. 13° 24′	32,5	— 2.4	— 0.2	3.4	8.6	13.6	17.4
Warschau	52° 13′	o. 21° 1′	113	— 5.4	— 3.4	— 0.5	6.1	12.8	16.0
Moskau	55° 45′	o. 37° 38′	130	— 10.2	— 8.9	— 2.9	5.4	12.5	16.9
Kasan	55° 48′	o. 49° 7′	46	— 15.9	— 13.3	— 6.2	2.4	10.9	16.3
Tomsk	56° 30′	o. 85° 10′	91,5	— 17.9	— 15.6	— 10.1	— 2.1	6.6	14.1
Jakutzk	62° 1′	o. 129° 44′	—	— 43.0	— 33.8	— 21.3	— 8.7	2.7	14.6
Pecking	39° 54′	o. 116° 26′	—	— 3.7	— 3.0	5.3	13.9	22.0	27.1
Quebek	46° 48′	w. 71° 17′	—	— 8.9	— 10.7	— 5.2	4.2	12.7	17.7
Cumberlandhouse	53° 57′	w. 102° 17′	—	— 25.1	— 18 4	— 11.0	1.7	10.0	14.9
Fort Franklin	65° 12′	w. 123° 13′	70	— 30 2	— 27.1	— 20.8	— 10.9	1.8	8.9
Später									
Okak	57° 30′	w. 66°	—	— 16.6	— 16.7	— 13.2	— 1.7	3.5	7.0
Halifax	44° 39′	w. 63° 38′	—	— 6.6	— 7.8	— 3.9	— 1.1	4.4	10.0
New-York	40° 43′	w. 47° 1′	—	— 4.2	— 0.2	4.9	11.7	16.9	19.8
Iluluk	53° 52′	w. 166° 25′	—	1.3	0.3	— 0.1	1.2	4.0	7.2

Gegenden.

Juli	August	Sept.	Octob.	Nov.	Dec.	Winter	Sommer	Jahr	Unterschied der kältesten u. wärmsten Monate	Unterschied des Sommers und Winters
28.7	26.9	28.5	29.6	26.5	22.1	24.7	29.2	28.7	11.4	4.5
—	—	33.7	32.1	29.9	27.8	26.5	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29.3	30.0	28.9	24.0	17.9	13.8	13.4	31.7	24.3	27.0	18.3
29.7	29.7	30.0	27.5	22.3	17.5	19.0	30.7	26.8	17.7	11.7
34.3	33.3	31.9	29.4	27.3	26.8	27.2	34.3	31.0	8.7	7.1

Gegenden.

—	—	1.0	— 4.8	— 18.2	— 34.2	— 30.8	—	— 17.1	—	—
5.8	0.3	— 5.2	— 19.3	— 29.5	— 29.8	— 33.3	2.8	— 17.1	41.6	36.4
5.1	3.7	— 3.6	— 12.7	— 20.8	— 30.2	— 33.2	3.3	— 15.7	40.7	36.5
3.9	1.5	— 3.3	— 10.1	— 28.1	— 33.5	— 29.9	1.7	— 14.2	37.4	31.3
14.8	7.0	— 7.6	— 28.1	— 31.8	— 38.3	— 37.7	10.1	— 15.5	54.5	47.8
4.4	4.9	— 0.5	— 5.4	— 12.9	— 19.7	— 19.0	3.6	— 8.4	27.0	22.6
2.4	3.1	— 1.1	— 4.6	— 12.4	— 12.4	— 12.3	2.5	— 9.4	26.8	17.9
3.2	3.2	— 0.5	— 6.5	— 13.5	— 10.9	— 16.0	1.9	— 6.2	15.8	14.9

Klima.

13.9	14.3	13.3	8.1	6 0	2.4	1.4	14.7	7.4	13.4	11.9
25.5	25.6	25.7	26.2	26.0	26.0	25.6	25.6	25.6	1.2	— 0.04
27.9	28.2	28.5	28.2	27.8	26.9	26.6	28.0	27.5	2.2	1.4
15.1	16.1	16.3	15.5	15.3	15.8	15.5	15.4	15.6	1.7	0.5
3.0	3.7	7.6	8.6	8.5	9.9	11.8	4.3	8.5	— 10.3	— 7.5
13.4	11.3	8.0	2.7	— 0.9	— 1.4	— 1.6	11.9	4.1	15.4	13.5
16.7	16.5	14.3	11.5	8.9	7.3	7.1	16.0	11.1	9.7	8.9
27.9	27.3	27.2	27.3	26.8	26.0	26.2	27.6	27.0	2.0	1.6
26.9	27.8	28.4	29.0	28.7	27.4	27.1	27.3	27.7	2.3	0.3

Klima.

18.7	18.5	15.6	11.1	6.8	3.6	3.2	18.1	10.7	16.8	14.8
18.9	18.7	15.2	9.6	5.0	1.25	1.2	18.4	9.8	19.2	17.2
18.8	18.0	14.7	9.9	4.1	1.6	— 0.3	18.1	8.9	21.2	18.4
18.1	17.8	15.8	7.2	1.5	— 2.9	— 3.9	17.3	6.7	23.5	21.3
19.1	17.3	11.8	4.2	— 2.7	— 8.9	— 9.3	17.8	4.4	29.3	27.1
18.2	16.0	9.4	2.8	— 4.1	— 12.4	— 14.2	16.8	1.9	34.1	31.1
18.0	15.4	8.4	0.6	— 7.5	— 15.0	— 16.1	15.9	0.4	35.9	32.0
20.4	14.5	6.7	— 8.5	— 30.2	— 37.1	— 37.9	16.5	— 10.3	63.5	54.5
27.6	27.2	20.6	13.1	3.9	— 2.1	— 2.9	27.3	12.7	31.3	30.2
23.0	19.4	16.9	6.0	0.6	— 10.6	— 9.9	20.4	5.5	33.7	29.9
16.8	13.4	8.3	2.7	— 10.5	— 16.0	— 19.8	14.9	— 1.1	41.9	34.8
11.2	10.3	5.0	— 5.3	— 17.8	— 25.1	— 27.0	10.1	— 8.2	41.4	37.2

Sommer.

10.9	11.1	6.9	— 0.5	— 5.3	— 13.1	— 15.4	9.7	— 2.1	27.8	25.1
17.2	21.1	10.5	10.5	3.3	— 3.9	— 6.1	16.1	4.5	28.9	22.2
22.7	22.2	18.0	11.6	5.7	1.3	— 1.0	21.6	10.9	27.0	22.7
9.7	12.7	12.3	5.8	1.8	1.0	0.9	9.9	4.8	12.8	9.0

Die ersten europäischen Auswanderer, welche Nordamerika zu ihrem Wohnsitze erkoren, fanden sich unangenehm überrascht durch die niedrige Temperatur, namentlich durch das kalte Frühjahr und den kühlen Sommer, welche sie in gleicher Breite mit ihren europäischen Wohnsitzen antrafen. Der Hudson bei Albany im Staate New-York ist in gleicher Breite mit Rom 87 Tage jährlich gefroren und selbst im Juli erreicht Albany nicht die Wärme von Rom.[1]) Dieselben Bäume, welche in Rom Anfangs Januar blühen, kommen in Boston erst Anfangs Mai zur Blüthe, in New-York, welches gleiche Breite mit Neapel hat, zu derselben Zeit wie in Upsala.[2]) Es wäre indessen nicht nothwendig gewesen, über den Ocean zu gehen, um auf diese Verhältnisse aufmerksam zu werden. Schottland, Dänemark und Polen haben gleiche Wärme, Irland, England, Belgien, Ungarn die nämliche mittlere Temperatur und man muß erstaunen, wenn man die mittleren Temperaturen von Nordasien mit den europäischen in gleicher Breite zusammenhält. Jakuzk ist mehr als 17° kälter als die Faröer-Inseln, Ustjansk in Sibirien 15°,6 kälter als die noch 1/4 Grad nördlicher liegende Insel Mageröe im Norden von Norwegen.

Im Jahre 1817 gab Alexander von Humboldt den Untersuchungen über das Klima und die Witterung eine neue fruchtbringende Richtung durch seine Isothermkarten, auf welchen die Punkte gleicher mittlerer Jahreswärme an der Ostküste Amerika's und der Westküste Europa's durch Linien verbunden und diese in's Innere der Continente so weit verlängert waren, als es die damals bekannten Beobachtungen gestatteten. Diese Linien stellen dem Beschauer unmittelbar die Grundbedingung für zahllose Fragen des Klima's, der Witterung und der Verbreitung der organischen Welt vor Augen, ja wenn man die bewohntesten Striche Amerika's und Europa's vergleicht, so findet man, daß die Ansiedler der Spur der Isothermen gefolgt sind, ehe sie auf Karten verzeichnet waren.

Ein Blick auf die Tafel I zeigt den Lauf der Linien[3]) gleicher Jahreswärme, wie er sich ergeben würde, wenn alle Punkte der Erdoberfläche im Niveau des Meeres lägen. Um die wirkliche mittlere Jahrestemperatur eines Ortes, welcher von einer der Isothermen getroffen wird, zu entnehmen, muß man seine Höhe über der Meeresfläche und das Verhältniß kennen, in welchem die Wärme mit wachsender Höhe sich mindert. Allein auch abgesehen hiervon beruhen die Jahresisothermen immerhin auf dem abstracten Begriff der mittleren Jahrestemperatur, und so wie diese keinen Aufschluß gibt über die Vertheilung der Wärme im Laufe des Jahres, über die Hitze des Sommers und die Kälte des Winters, so sind auch die Jahresisothermen wohl der Ausdruck allgemeiner klimatischer Verhältnisse, aber man würde ihnen zu viel zumuthen, wenn man über die großartigen periodischen Bewegungen des Luftmeers und die übrigen im Laufe des Jahres wechselnden Witterungserscheinungen Auskunft verlangte. Hiezu bedarf es der Kenntniß derjenigen Punkte der Erdoberfläche, welche in kürzeren Zeiträumen etwa in den einzelnen Monaten gleiche Mittelwärme haben und es war darum sicher seit dem Erscheinen von Humboldts Isothermen der größte Fortschritt in der positiven Witterungskunde, als Dove es unternahm, aus dem massenhaften, unter seinen Händen großentheils erst brauchbar

---

[1]) Dove, Monatsisothermen, S. 1.

[2]) Dove, meteorologische Untersuchungen, S. 13.

[3]) Die Isothermen von 25° an aufwärts sind punktirt, diejenigen zwischen 25° und 0° ausgezogen, die unter 0° gestrichelt.

gewordenen Material den Lauf der **Monatsisothermen** festzustellen. Die Tafeln II und III enthalten diese Linien für die Monate Januar und Juli. Welche überraschende Verschiedenheit! Der Lauf dieser Linien hat sich in Europa um einen rechten Winkel gedreht, während die Formänderung und Verschiebung dagegen in Nordasien und Nordamerika am stärksten hervortritt. Wenn man die Oscillationen der Monatswärme, welche in Plymouth 10° beträgt, nordwestlich bis zur Melvilleinsel auf 42°, östlich nach Jakuzk auf 63° wachsen sieht, so gibt der Anblick dieser Verhältnisse allein schon zu erkennen, in welche Wallungen das Luftmeer gerathen, welche Mannichfaltigkeit in den Beziehungen des Klima's zum organischen Leben eintreten müsse.

Ehe wir jedoch diesen interessanten Betrachtungen weiter nachgehen, wollen wir die physikalischen Verhältnisse in's Auge fassen, welche den Isothermen des Jahres und der einzelnen Monate ihre von den Breitekreisen abweichende Form geben. Kein Umstand ist in dieser Beziehung von größerem Einfluß als die Verschiedenheit der Wirkung, welche die Sonnenwärme auf das feste Land und auf die den größten Theil der Erde bedeckenden Wassermassen hervorbringt.

Der glatte Spiegel des Wassers wirft eine größere Menge der einstrahlenden Wärme zurück als der Boden, in gleichem Maße hindert es aber auch die Ausstrahlung der Wärme, welche das Wasser einmal aufgenommen hat. Die in's Wasser eindringende Wärme wird bis zu größerer Tiefe durchgelassen, auf dem festen Lande erwärmt sich vorzugsweise nur die obere mit der Luft in Berührung stehende Schichte; in dem Wasser wird nur ein Theil der aufgenommenen Wärme zur Erhöhung der Temperatur, ein anderer zur Dampfbildung verwendet; endlich erfordert das Wasser für die nämliche Temperaturerhöhung etwa fünfmal so viel Wärme als ein gleiches Gewicht trockenen Erdreichs, ungefähr doppelt so viel als ein gleicher Raumtheil Erde. Man sieht, alle diese Ursachen wirken zusammen, dem Meer und der damit in Berührung stehenden Luft eine gleichmäßigere Temperatur zu sichern, während die physikalische Beschaffenheit des Festlandes zu den Extremen hinneigt. Aber es besteht auf dem Meere noch eine andere, nicht nur der Zeit, sondern auch der räumlichen Verbreitung nach mächtig wirkende Ursache der Ausgleichung in den **Strömungen**, welche das von der Sonne durchwärmte Wasser auf der Oberfläche aus der heißen nach den kälteren Zonen hintragen und es in der Tiefe durch die kälteren Gewässer der höheren Breiten ersetzen. Ehe wir noch die Wirksamkeit aller dieser Einflüsse in's Einzelne verfolgen, öffnen sie uns gleichsam von selbst das Verständniß der wichtigsten klimatischen Bezüge unseres Erdkörpers. Auf den Inseln und Küstenländern werden wir die gemäßigten Sommer und milden Winter, im Innern der tropischen Continente die höchsten, in den polaren Ländermassen die niedrigsten Temperaturen zu suchen haben. Die Tabelle S. 56 und 57 bietet reichen Stoff zu solchen Vergleichungen dar. Die hohen Temperaturen von Koufa, Massaua, Bassora und Ambala gehören dem Wüstengürtel an, welcher sich durch das nördliche Afrika und mittlere Asien durch 132 Längengrade hinzieht, und dessen uncultivirter Boden der unmittelbaren Einwirkung der Sonnenhitze geöffnet ist; die Orte, deren mittlere Jahrestemperatur unter — 15° hinabgeht, sind sämmtlich im hohen Norden der amerikanischen und asiatischen Ländermassen zu suchen; der kälteste Punkt (Enontekis) in dem tief eingeschnittenen küstenreichen Europa geht nicht unter — 5°,2 mittlerer Jahreswärme herab, trotz einer nördlichen Breite von 68°,5. Bei den Antillen auf St. Vincent unterscheidet sich die Temperatur des wärmsten Monats von derjenigen des kältesten nur um 2°,2, in Koufa, welches unter genau gleicher Breite liegt, um 11°,4. Auf Unst, der nördlichsten der Shet-

landsinseln, beträgt diese Schwankung 9°,7, in dem unter beinahe gleicher Breite liegenden Jakuzk 63°,5. Diese Verschiedenheiten, welche sich in den größeren oder geringeren Schwankungen der Monatsisothermen dem Auge unmittelbar darbieten, begründen die klimatischen Charaktere, die durch die Namen des Seeklima's und des continentalen oder Binnen-Klima's unterschieden werden. In der Tafel S. 56 u. 57 drückt die Kette der von Westen nach Osten durch das mittlere Europa und nördliche Asien laufenden Stationen den Uebergang des Seeklima's zum continentalen sehr charakteristisch aus. Von Paris bis Jakuzk sieht man den Unterschied zwischen den Temperaturen des wärmsten und kältesten Monats von 16°,8 bis 63°,5 stetig anwachsen, und selbst das Klima von Pecking wird mehr noch, als durch die benachbarte See, durch die ungeheuren Ländermassen bedingt, welche es im Rücken hat.

Obgleich das im Sommer vorzugsweise erhitzte Land im Winter sich auch am Stärksten abkühlt, so bleibt ihm doch ein geringer Ueberschuß höherer Wärme gegen das Meer, welcher sich aus den Niederschlägen erklärt, deren auf dem Meere gebundene Wärme über den Ländern frei wird. Es leuchtet hiernach ein, warum die mittlere Jahrestemperatur der wasserreichen Südhälfte der Erde 2° tiefer liegt, als die der Nordhälfte, in welcher sich die Continente zusammendrängen; warum die mittlere Temperatur der Erde im Juli 4°,5 höher ist, als im Januar, wo die Sonne ihre heißesten Strahlen der südlichen Erdhälfte zusendet. Seit der Tertiär-epoche, seit welcher die innere Erdwärme für die Temperatur der Erdoberfläche nur noch von untergeordneter Bedeutung ist, mußte mit jeder neuen Erhebung von Land ein Theil des in der Luft enthaltenen Wasserdampfs für immer herabfallen und die mittlere Temperatur der Erde mußte steigen. So mag es sein, daß die Eiszeit, welche einst der norddeutschen Ebene die Blöcke skandinavischer Gebirge auf dem Rücken mächtiger Eisschollen zuführte, nach der Erhebung des nördlichen Afrika einer milderen Temperatur weichen mußte.

Die Wärme dringt nur äußerst langsam in den Boden ein, und ihre Wirkung, so fühlbar sie an der Oberfläche sein mag, erlischt schon in geringer Tiefe. Im mittleren Europa nimmt man von den täglichen Veränderungen schon in 1 Meter Tiefe, von den jährlichen Schwankungen in 20 Meter Tiefe nicht die geringste Spur mehr wahr. Selbst in 10 Meter Tiefe ist die Wirkung eines Jahres schon sehr unbedeutend, und es machen sich da nur noch die Ungleichheiten größerer Perioden (wie z. B. die höhere Temperatur des Zeitraums von 1828—34, oder die kühlere Periode 1835—39) bemerklich. In der tropischen Zone, in welcher die jährlichen Temperaturschwankungen äußerst gering sind und die Mitteltemperatur eines Jahres von der eines andern sich nie mehr als Einen Grad unterscheidet, verschwindet schon in 1 Meter Tiefe die letzte Spur dieser Aenderungen.

Die folgenden Resultate einer Beobachtungsreihe, welche Quetelet in Brüssel in den Jahren 1834 bis 1843 anstellte, zeigen deutlich die Langsamkeit, mit welcher die Wärme in den Boden vordringt, und den abstumpfenden Einfluß, welchen derselbe auf die Wärmeextreme äußert:

Tiefe.	Jahresmittel.	Unterschied der Extreme.	Zeit des Eintritts der höchsten W.	Zeit des Eintritts der niedrigsten W.
0 Meter	9°,9	—	22. Juli	23. Januar
0,19 „	9,7	13°,9	27. Juli	3. Februar
0,45 „	10,1	12°,8	31. Juli	11. Februar
0,75 „	10,3	12,1	5. August	22. Februar
1,00 „	11,2	10,4	8. August	25. Februar
3,9 „	12,0	4,6	12. October	22. April
7,8 „	11,9	1,5	12. December	18. Juni.

Um in die Tiefe von 8 Metern vorzudringen, braucht die Sommerwärme wie die Winterkälte nur einige Tage weniger, als ein halbes Jahr. Für manche Gewächse, namentlich für die tiefwurzelnden Laubholzbäume, kann dieses Verhältniß nicht ohne vortheilhaften Einfluß bleiben, da gerade zu der Zeit, wo die vegetative Thätigkeit nach Oben erlischt, der Wärmevorrath des Bodens der Pflanze eine höhere Temperatur und dem ausgebreiteten Wurzelsystem einen Zuwachs sichert, welcher im nächsten Frühjahr den oberen Theilen der Pflanze zu Gute kommt.

Man kann sich keine geeignetere Vorstellung von dem Eindringen der Wärme in den Boden machen, als wenn man sich die periodischen Zu- und Abnahmen unter der Form von Wellen denkt, welche in den Boden vordringen, während ihre Kraft durch die Hindernisse, die sich entgegenstellen, allmälig erlischt. Die kleineren Tageswellen ersterben schon in geringer Tiefe, die Jahreswellen machen sich weiterhin fühlbar, wenn auch mit immer abnehmender Kraft. Der Wellenberg des Sommers ist noch im Fortgang in die Tiefe begriffen, während das Wellenthal des Winters bereits nachdringt. — Die folgende Tabelle, welche die von Quetelet an der Oberfläche und in verschiedenen Tiefen beobachteten Monatsmittel enthält, mag an der Stelle einer Zeichnung jenen Vorgang versinnlichen:

Monat.	Oberfl.	0^{m},19	0^{m},45	0^{m},75	1^{m},00	3^{m},9	7^{m},8
Januar.	2°,40	3°,24	4°,90	4°,87	6°,01	11°,73	12°,41
Februar.	3,06	3,25	4,74	4,28	5,77	10,70	12,13
März.	4,81	4,55	4,65	4,91	6,39	9,97	11,79
April.	6,94	6,11	6,63	6,00	7,13	9,68	11,44
Mai.	12,00	10,25	10,42	9,36	9,99	9,91	11,17
Juni.	15,87	13,84	13,91	12,61	13,18	10,75	11,02
Juli.	16,94	14,95	15,25	14,19	14,90	11,86	11,12
August.	16,71	15,12	15,56	14,87	15,73	13,00	11,41
September.	14,15	13,22	14,06	13,77	15,08	13,81	11,78
October.	9,96	10,21	11,47	11,59	13,27	14,06	12,11
November.	5,69	6,48	8,33	8,28	10,06	13,68	12,40
December.	3,37	4,66	5,41	6,35	8,40	12,76	12,47

Auch in der täglichen Periode kann man die Verspätung der Temperaturen gegen die Schattenwärme der Luft in den Tiefen, in welchen diese Veränderungen überhaupt noch auftreten, erkennen. Die geringste Tageswärme zeigt ein in den Boden gesenktes Thermometer immer erst nach Aufgang der Sonne.

Die besondere Natur der Bodenart, insbesondere ihre Wärmeleitungsfähigkeit, kann nicht ohne Einfluß sowohl auf die Tiefe, in welcher die Wärmefluthen sich noch fühlbar machen, als auf die Geschwindigkeit des Vordringens sein. Forbes hat in der Nähe von Edinburg eine sechsjährige Beobachtungsreihe im Trappgestein, in Sand- und in Sandsteinboden angestellt. Die Unterschiede zwischen den Mitteltemperaturen des wärmsten und kältesten Monats traten in verschiedener Tiefe noch in folgenden Größen auf:

Boden.	Luft.	Oberfl.	0^{m},91	1^{m},82	3^{m},65	7^{m},31	Schwankung von 0°,01 höchstens in der Tiefe von
Dolerit.	12°,4	11°,9	8°,1	5°,4	2°,6	0°,7	18^{m}
Sand.	12°,4	14°,0	10°,0	7°,3	2°,8	1°,01	21,5
Sandstein.	12°,4	10°,7	8°,6	6°,7	5°,2	2°,1	31,4

Am Besten leitet der Sandstein die Wärme, am Schlechtesten der Dolerit; die stärkeren Schwankungen, welche im Sand in den obersten Schichten bis zu etwa 2 Meter Tiefe beobachtet wurden, rühren wohl von der Porosität desselben, welche den Zutritt der atmosphärischen Luft und Feuchtigkeit erleichtert. Die letzte Spalte enthält die Tiefe, in welcher die Temperaturschwankungen höchstens noch 0°,01 betragen. Auch hierin drückt sich das ungleiche Leitvermögen aus, eben so wie in der Zeit, welche die Extreme brauchten, um in der Tiefe von 7m,31 anzulangen:

Boden.	Zeit des Eintritts		Anzahl der Tage für Durchdringung von 1m Dicke.	
	der Winterkälte.	der Sommerwärme.	Winterkälte.	Sommerwärme.
Dolerit.	13. Juli	4. Januar	19,2	21,0
Sand.	29. Juni	25. December	17,2	19,8
Sandstein.	3. Mai	3. November	10,6	12,1

Wenn der Boden mit Wasser durchtränkt ist, welches nicht frei circuliren kann, so dringt die Wärme noch schwerer vor, am Langsamsten aber da, wo der Boden in bedeutenden Tiefen gefroren ist. Während in Nordsibirien die mittlere Wärme des Juli 20° erreicht, ist der Boden höchstens auf 1 Meter Tiefe aufgethaut, die Temperatur an dieser Grenze also 0°; in dem trockenen Boden, in welchem Quetelet beobachtete, würde sie in dieser Tiefe auf 18° gestiegen sein.

Die Bestimmung der Schattenwärme der Luft und des Bodens genügen nicht zur Beurtheilung der thermischen Einflüsse, welchen die Vegetation ausgesetzt ist, und der Wärme, welche eine Pflanze aufnehmen muß, um zur Entwicklung der Blätter, zur Entfaltung der Blüthen und zur Fruchtreife zu gelangen. Nur durch Beobachtung von Thermometern, deren Oberfläche von nahezu gleicher Absorptionskraft mit den verschiedenen Theilen der Pflanze und welche in gleicher Weise, wie diese, der freien Bestrahlung durch die Sonne und der nächtlichen Ausstrahlung ausgesetzt wären, ferner durch Beobachtung der Temperaturen des freien unbeschatteten Bodens könnte man die nöthigen Aufschlüsse erhalten. Den Linien mittlerer Jahreswärme, gleicher Sommerwärme und Winterkälte, welche auf die Beobachtungen der Schattenwärme der Luft sich gründen, schließt sich darum die geographische Verbreitung der beschatteten Waldpflanzen weit inniger an, als diejenige der Culturgewächse, welche man möglichst reichlichem Sonnenlichte aussetzt. Die Temperaturbeobachtungen des freien Bodens haben gelehrt, daß seine mittlere Wärme im Winter etwas niedriger, im Sommer aber entschieden höher steht, als die der beschatteten Luft. Es bleibt daher ein kleiner Vorzug der Erwärmung. Wie die jährlichen, so treten auch kürzere periodische und nichtperiodische Wärmewechsel am freien Boden merklicher hervor, als in beschatteter Luft. Im Sommer macht sich im mittleren Europa dieser Unterschied in höherem Grade geltend, als im Winter, wo der Frost, mehr noch aber die Schneefälle, ausgleichend auf die Extreme wirken. Allgemein bekannt ist der Schutz, welchen die Schneedecke dem Wintergetreide gewährt und welchen Nachtheil es bringt, wenn sie im Frühjahr zu voreilig verschwindet. Aber auch für den Ertrag tiefer wurzelnder Gewächse ist eine schlecht leitende Bodenhülle nicht ohne Einfluß. In Preußisch-Litthauen tragen die Kirschbäume oft in vielen Jahren nicht, weil bei der rasch, mit erster

Frühlingswärme sich entwickelnden Vegetation die Bäume bald in voller Blüthe stehen, welche durch die nachfolgenden Nachtfröste vernichtet wird. Um diesem Uebel vorzubeugen, genügt es, den Boden am Fuß der Bäume mit einer Laubdecke einzuhüllen, das Erdreich bleibt dann längere Zeit gefroren und die Blüthe wird zurückgehalten, bis die gefährlichen Nächte vorüber sind (Dove).

Man hat noch wenig Einsicht in die Frage erlangt, ob der Beginn und die Vollendung vegetativer Processe an das Auftreten gewisser Temperaturgrade oder an die Aufnahme bestimmter Wärmesummen geknüpft sind. Es ist wahrscheinlich, daß beide Momente ihren Einfluß äußern und daß das schmiegsame organische Leben Schwankungen in beiden zuläßt. Das Sommergetreide, bei welchem in Deutschland 3 bis 4 Monate von der Aussaat bis zur Ernte verfließen, verkürzt seine Vegetationszeit im hohen Norden bis auf 9 Wochen. Freilich gibt es auch hierin eine Grenze, da die Organe mit allen übrigen Functionen der entwickelnden Kraft der Wärme nachkommen müssen.

Die höhere Temperatur, welche uns die Sonne an der Erdoberfläche bereitet, würde schon in geringer Höhe einer empfindlichen Kälte Platz machen, wenn nicht die am Boden erwärmten Luftschichten in die Höhe stiegen und somit einen Theil ihrer Wärme den höheren Regionen zuführten. Die aufsteigende Luft kühlt sich nicht nur durch Mischung mit den kälteren Luftmassen ab, sondern bindet auch einen Theil ihrer fühlbaren Wärme, indem sie sich ausdehnt; genau so viel als die herabsinkende Luft, welche an ihre Stelle tritt, frei werden läßt, indem sie eine größere Dichte annimmt.

Die Abnahme der Temperatur nach der Höhe hin kann nur da eine regelmäßige sein, wo über ebener Grundfläche die Luftschichten sich längere Zeit in Ruhe befinden, und auch dann nur, wenn der Horizont einige Zeit völlig frei von Bewölkung geblieben ist. Es ist wohl nie eine Messung gemacht worden, bei welcher sich alle diese Umstände vereinigt hätten. Gaylüssac sah auf seiner Luftreise,[1]) auf welcher er sich 7000 Meter erhob, das Thermometer um 40° sinken. Dieß gibt eine Abnahme von 1° auf 175 Meter. Als Barral und Bixio sich am 27. Juli 1850 zu gleicher Höhe erhoben, hatten sie von 2000 bis 6000 Meter Höhe eine ungeheure Nebelschichte zu durchdringen. Kurz, ehe sie die obere Grenze derselben erreichten, hatte das Thermometer noch auf — 10° gestanden, es sank dann plötzlich auf — 23° und ging bei der Höhe von 7000 Meter auf — 39°,7 herab.

Die Gebirge, welche in das Luftmeer hineinragen, rücken auch die Temperatur mit in die Höhe, am Meisten, wo sie sich in größeren Massen zusammendrängen oder zusammenhängende Hochländer bilden; doch können auch sie sich dem abkühlenden Einfluß der Luftschichten nicht entziehen, welche sie umspülen. Wie weit man sich von der Meeresfläche aus in den verschiedenen Gebirgsländern erheben muß, um die mittlere Temperatur um 1° sinken zu sehen, kann bei der Mannichfaltigkeit der mitwirkenden Bedingungen nur durch Beobachtung gefunden werden. Unter dem Aequator in den Anden fand Humboldt bei 190, Ramond in den Pyrenäen schon bei 164 Meter Erhebung eine Temperaturabnahme von 1°. Saussüre fand die Höhenstufe in der Schweiz im Sommer zu 156, im Winter zu 184 Meter. Bei der neueren, gründlichen Durchforschung der Alpen, welche die Gebrüder Schlagintweit in allen physikalischen Beziehungen vorgenommen haben, ergab sich eine sehr ungleiche Größe der Höhenstufe an verschiedenen Punkten, im Ganzen aber folgten die Isogeothermen, d. h. die Linien gleicher Bodenwärme, den oberen

---

[1]) Physik, S. 88.

Contouren des Gebirgs. Oberhalb der Baumgrenze, welche im Mittel bei 3°,5 anzunehmen ist, nimmt die Bodentemperatur am Raschesten ab; die Grenze der phanerogamischen Gewächse liegt noch etwa 500 Meter über der Isotherme von 1°. — Ueberhaupt bietet die Vegetation am Abhange hoher Gebirge ein lebendiges Bild der nach Oben abnehmenden Temperatur. An den Anden, am Pic von Teneriffa findet man die Klimate aller Zonen über einander; das Bild vereinfacht sich am Aetna, in den Alpen, und bietet nur noch wenig Abwechslung in den skandinavischen Gebirgen, namentlich an den Bergen Lapplands. Aus der Region der Palmen und Bananen gelangt man auf Teneriffa in 400 Meter Höhe in die Region der europäischen Cultur, welche sich in 800 Meter Höhe durch Laubholzwaldungen abgrenzt. Bei 1325 Meter beginnen die Nadelhölzer; von 1900 bis zu 3380 Meter bedeckt nur noch ein niedriges Pfriemenkraut die nackte Lava. In den Alpen steigen die Kastanien auf der Südseite bis zu 800 Meter, dann folgen Buchen bis 1460 Meter, von da Nadelhölzer bis 2100 Meter, die letzten Phanerogamen verschwinden erst in einer Höhe von 3300 Meter. — Nirgends zeigt sich die erwärmende Wirkung der Hochländer deutlicher, als auf der Nordseite des Himalayagebirges, wo man im Pinuthale, westlich von dem in der Hochebene des Sutludschstromes gelegenen Daba, in der enormen Höhe von 4550 Meter, also höher als die mit ewigem Schnee bekleideten Gipfel der Jungfrau und des Finsteraarhorns der Alpen, nicht viel tiefer als die Spitze des Montblanc, noch Weizen- und Gerstenfelder antrifft. Auch in den Hochebenen von Quito und Peru wohnt noch eine zahlreiche ackerbautreibende Bevölkerung in Höhen, welche den genannten Spitzen des Berner Oberlandes gleichkommen. Das Straßenpflaster von Potosi liegt in Einer Höhe mit dem Gipfel der Jungfrau.

Die Orte gleicher mittlerer Jahreswärme liegen offenbar nicht in Linien geordnet, sondern in Flächen, welche sich um so mehr erheben, je näher man dem Aequator kommt, und welche, nach den Polen herabsinkend, die Erdoberfläche in den Linien schneiden, die in Tafel I. dargestellt sind. Die Vergleichung der Tafeln II. und III. lehrt, daß die Isothermflächen der einzelnen Monate nicht nur, dem Gange der Sonne folgend, hin und herwandern und somit ihre Durchschnittsstellen mit der Erdoberfläche ändern, sondern daß auch neue Flächen, in unserm Sommer in den südlichen, in unserm Winter in den nördlichen Polargegenden mit der Erde zum Durchschnitt kommen, ja daß selbst in der heißen Jahreszeit der Nordhälfte der Erde unter den sich erhebenden Isothermflächen der Tropen noch neue Flächen von höherer Temperatur auftauchen.

Wenn das Auge die Verbreitungsgrenzen der Gewächse, wenn es die Baumgrenze z. B. oder die Korngrenze mit einem Blick überschauen könnte, so würde es zwar im Allgemeinen ein Anschließen an die Lagerung isothermer Flächen erkennen, allein es würden sich ihm andererseits auch mannichfache Abweichungen darbieten, welche durch ganz andere Einflüsse, als die Wärme, namentlich durch die Nähe der Gewässer, die Häufigkeit der Niederschläge und selbst durch die Bodenbeschaffenheit bedingt sind. Nicht anders ist es mit der Grenze, welche in den Polarländern und in den höheren Gebirgsregionen jeder Vegetation ein Ziel setzt, mit der Grenze des ewigen Schnee's. Im Winter fällt ganz Europa in die Schneeregion, welche erst an der Nordküste von Afrika zwischen dem 30ten und 35ten Breitegrad sich abgrenzt. Allein die Schneedecke, welche der Winter im Flachlande von Europa ausbreitet, schmilzt im Sommer weg und die Grenze des dauernden Schnee's schließt sich im Ganzen an eine Fläche gleicher Sommerwärme an. Ihre mittlere Jahrestemperatur ist

unter dem Aequator 1°,9, in der gemäßigten Zone — 4°,6, in der kalten — 7°,5; allein die Abweichungen in verschiedenen Gegenden der Erde sind beträchtlich. Auf der nördlichen Halbkugel berührt die Schneegrenze im Sommer etwa am 80ten Breitegrad die Meeresfläche und die folgende Tabelle zeigt, wie sie sich nach den Tropen hin in die Höhe zieht:

Gebirge.	Geograph. Breite.	Höhe der Schneegrenze.	Mittlere Temperatur in der Ebene	
			im Jahr.	im Sommer.
Norwegen				
Nördl. Küsten .	71°,5 bis 71°,25	950 Meter	0°,25	6°,2
Im Innern . .	67°,25 bis 67°	1070	— 3°,0	11°,2
Im Innern . .	70°,25 bis 70°	1170	—	—
Im Innern . .	61°	1660	4°,2	16°,2
Altai	51° bis 49°	1950	—	—
Karpathen . . .	49°,25 bis 49°	2590	9°,2	20°
Alpen	46° bis 45°,75	2670	13°,2	22°,6
Kaukasus . . .	43° bis 42°,5	3310	—	—
Pyrenäen . . .	43° bis 42°,5	2730	15°,2	24°
Bolor, Inner-Asien	37°,2	5184	—	—
Aetna, Sicilien .	37°,2	2900	19°,7	26°,6
Himalaya				
Nördl. Abhang	31° bis 30°,75	5070	22°	28°
Südl. Abhang		3800	—	—
Cordilleren				
von Mexico . .	19°,25 bis 19°	4580	25°,4	27°,5
von Hoch-Peru .	17°,25 bis 16°	5200	—	—
von Quito . .	1°,5 bis 0°	4800	27°,7	28°,7
Neuseeland . . .	39°,2	2215	15°,0	19°,5
Feuerland . . .	54° südl. Br.	1130	5°,4	10°,0

Obgleich die mittlere Jahrestemperatur in Skandinavien unter dem 70ten Breitegrad mehr als drei Grade tiefer liegt als unter dem 71ten Grade, so zieht sich die Schneegrenze doch 120 Meter höher hinauf, aus keinem andern Grunde, als weil der Sommer in jener Gegend entschieden (5°) wärmer ist. Noch größer ist der Unterschied zwischen der Höhe des ewigen Schnee's im Kaukasus und den Pyrenäen, obgleich beide Gebirge die nämliche geographische Breite haben. Während im Kaukasus die Temperaturverhältnisse den Charakter des Binnenklima's tragen, führt die Nähe des Meeres den Höhen der Pyrenäen größere Schneemassen zu, welche die kühleren Sommer nicht wegzuschmelzen vermögen. Die nämliche Ursache erhöht die Schneegrenze von Hoch-Peru gegen die des südlicheren Quito; nirgends tritt aber die Wirkung der Seeluft auffallender hervor, als am Himalayagebirge, an welchem auf dem steileren südlichen Abhang die Schneegrenze 1300 Meter weiter hinabgeht, als im nördlichen Hochland, oder bei der Vergleichung der innerasiatischen Schneegrenze des Bolor mit derjenigen des in gleicher Breite liegenden Aetna.

Auf der südlichen Halbkugel, welche eine entschieden niedrigere Sommertemperatur hat, scheint die Schneegrenze schon zwischen den 67° und 71° der Breite in die Meeresfläche herabzugehen. Cook fand Sandwichland, welches gleiche Breite mit den Shetlandsinseln hat, in der wärmsten Jahreszeit mit Eis umgeben und vollständig mit einer Schneedecke von mehren Metern Tiefe überzogen.

Kein Gebirg der Erde ragt über die höchste Wolkenregion hinaus und selbst die äußersten Gipfel der höchsten Gebirgskette, des Himalaya, tragen noch eine Schneedecke.

Die oben mitgetheilte Beobachtung Saussüre's, daß man im Sommer in den Alpen 156, im Winter 184 Meter steigen müsse, um die Temperatur um 1° sinken zu sehen, ist nur Ein Fall einer ganz allgemeinen Erfahrung. Die oberen Regionen erhöhen ihre Temperatur im Sommer nicht in dem Grade, wie die unteren; wie beim Eindringen in tiefere Erdschichten, so findet man beim Aufsteigen in höhere Regionen ein Abschleifen der Wärmeextreme, der jährlichen und täglichen, sowie der nichtperiodischen. Die Messungen Saussüre's auf dem Col du Géant, die von Kämtz auf dem Rigi und Faulhorn haben diese Thatsache zuerst ins Licht gestellt. Die Höhenstufe für 1° fand Saussüre Nachmittags um 2 Uhr 140, Nachts um 4 Uhr 210 Meter, Kämtz um 5 Uhr Nachmittags auf dem Rigi 122, Morgens um 5 Uhr 198 Meter. Daher beneiden, wie Dove sagt, die Mönche des Hospizes auf dem St. Bernhard die Lappländer um ihr Klima, da ihnen trotz einer um beinahe 2° höheren mittleren Jahreswärme der heiße, wenn auch kurze Sommer von Enontekis fehlt. Wir stellen hier zur Vergleichung die Monatsmittel beider Orte und ihre Unterschiede zusammen:

Monate.	St. Bernhard.	Enontekis.	Unterschiede.
Januar . .	— 9°,0	— 17°,8	8°,8
Februar .	— 7°,4	— 16°,7	9°,3
März . .	— 6°,25	— 11°,4	5°,15
April . .	— 2°,25	— 3°,25	1°,0
Mai . . .	2°,0	2°,6	— 0°,4
Juni . .	4°,6	9°,45	— 4°,85
Juli . . .	6°,9	14°,5	— 7°,6
August . .	7°,0	13°,7	— 6°,7
September .	4°,5	5°,6	— 1°,1
October . .	— 0°,6	— 2°,3	1°,7
November .	— 4°,2	— 11°,25	7°,5
December .	— 6°,5	— 16°,4	9°,9

In gebirgigen Gegenden sind es nicht die Berggipfel und freien Höhen, auf welchen man im Winter die tiefsten Temperaturen beobachtet. Das ausgleichende Spiel der Winde läßt hier die extremste Kälte nicht aufkommen, wie sie in Kesselthälern durch den gemeinsamen Einfluß der Strahlung und der an den tieferen Stellen stagnirenden kälteren Luft erzeugt werden.

Da die ganz reine, von allen Wasserdämpfen befreite Luft den durchgehenden Sonnenstrahlen nur äußerst wenig Wärme entzieht, so wird nicht weit über der Region der höchsten Wolken, wie Saussüre glaubt, in etwa 15000 Meter Höhe, eine Grenze zu finden sein, außerhalb welcher bei Tag und Nacht, im Winter und Sommer einerlei Temperatur herrscht. Die atmosphärischen Wellen schlagen nur leise an diese Grenze, über welcher eine ewig ungestörte Ruhe herrscht, wie sie an keinem Punkt der Erde selbst zu finden ist.

Ehe wir diese Betrachtungen über die Abnahme der Wärme in der Höhe verlassen, schenken wir der eigenthümlichen Ausgleichung noch einige Aufmerksamkeit, welche durch jenen Einfluß dem Klima des nördlichen und südlichen Deutschlands erwächst. Verfolgen wir z. B. den Lauf des Rheins, so finden

wir von der Schweizer- bis zur holländischen Grenze nur geringe Aenderungen der mittleren Jahreswärme:

Basel . . .	9°,6	Heidelberg .	10°,8
Straßburg .	9°,8	Frankfurt .	9°,7
Karlsruhe .	10°,4	Coblenz . .	10°,8
Mannheim .	10°,1	Düsseldorf .	11°,0

Deutschland liegt größtentheils zwischen dem 48ten und 54ten Breitegrad. Nach S. 55. nimmt die mittlere Jahreswärme vom 40ten bis 60ten Breitegrad um 14° ab, so daß auf jene sechs Breitegrade eine Abnahme von 4°,2 kommt. Nun erhebt sich aber das Terrain von Stralsund bis München, welche an den Grenzen jener Zone liegen, um 510 Meter. Nehmen wir die mittlere Höhenstufe nach Saussüre's Bestimmungen zu 170 Meter an, so bleibt nur noch eine Zunahme der mittleren Jahreswärme von 4°,2—3°=1°,2 zwischen Stralsund und München. In der That aber ist die mittlere Jahrestemperatur von Stralsund 8°,1, die von München 9°,1. Zwischen diese Grenzen fällt die Jahreswärme fast aller Orte in der Nähe der südlichen und nördlichen Grenze jener Breitezone. Nur der mittlere Strich Deutschlands, welcher eine geringe Erhebung über die Meeresfläche hat, sowie einige tiefer eingeschnittene Thäler, wie z. B. das Rheinthal, erfreuen sich eines verhältnißmäßig milderen Klima's.

IV. Die Strömungen der Meere.

Wenden wir unsere Blicke nun von den Ländern nach den Wassermassen, welche nahe drei Viertel der Erdoberfläche bedecken, so begegnen wir nirgends jenen starken Temperaturschwankungen, wie auf dem Festlande, nirgends jenen excessiven Temperaturgraden. Unter den Tropen geht die Wärme des Meerwassers an der Oberfläche nicht leicht über 29°, sie sinkt niemals unter 26°. Es ist aber oben, S. 26, schon bemerkt worden, daß man selbst unter dem Aequator in der Tiefe des Meeres kaltes Wasser antrifft. Es müßte hier das Meer längst bis auf den Grund durchwärmt sein, wenn nicht ein steter Austausch der Gewässer höherer und niederer Breiten stattfände. Der Bewohner des Binnenlandes denkt sich leicht die Meere als eine große ruhende Masse, deren Oberfläche nur hier und da von Sturmwinden aufgewühlt wird; der Seefahrer aber weiß, daß der größere Theil der Oceane durch Strömungen gebildet wird, welche in buntem Wechsel nach Nord und Süd, nach Ost und West verlaufen. Verweilen wir einen Augenblick bei der Betrachtung der großartigeren unter diesen Meeresströmen, welche durch die Ausgleichung der Temperaturen verschiedener Zonen einen mächtigen Einfluß auf die Klimate äußern. Die nordöstlichen und südöstlichen Winde, welche auf der nördlichen und südlichen Halbkugel in der Nähe der Wendekreise nach dem heißesten Striche hingehen und gerade über der Fläche des Meeres mit so großer Regelmäßigkeit wehen, setzen sich da, wo sie sich begegnen, zu einem schwächeren, von Ost nach West gehenden Strome zusammen. Die beweglichen Meereswogen widerstehen dieser stetig wirkenden Kraft nicht, sie setzen sich in gleichem Sinne in Bewegung; im atlantischen Meere, im stillen Ocean und im indischen Meere begegnet man dieser allgemeinen Bewegung tropischer Gewässer (Triftströme), welche, durch Neuholland und die indischen Inseln gehemmt und gespalten, an den Küsten von Asien und mehr noch an denen von Afrika und Amerika, nach Nord und Süd abzulenken gezwungen ist. Erst wenn der Strom diese neuen Bahnen einge-

schlagen hat, kann er eine klimatische Bedeutung erlangen, welche offenbar abhängt von dem Wärmeunterschied der Orte, von welchen er kommt und zu denen er geht. Die Kraft dieser abgelenkten Ströme würde indessen bald erlöschen, wenn ihr nicht die Circulation zu Hülfe käme, welche die Wärme in dem ungeheuren Behälter der Meere eben so unterhält, wie in einem kleinen Gefäße, welches die Weingeistflamme vorzugsweise an gewissen Punkten trifft. Die warmen Wasser der heißen Zone ergießen sich auf der Oberfläche der Meere nach Nord und Süden hin (Aequatorialströme) und finden ihren Ersatz durch die aus höheren Breiten in der Tiefe verlaufenden kalten Ströme (Polarströme). Die abgelenkten Driftströme, die Gestaltung des Meeresbodens und der Küsten mögen die Ursache sein, daß die Aequatorial- und Polarströme nicht nur übereinander, sondern, namentlich außerhalb der Wendekreise, nebeneinander verlaufen.

Der große Strom des atlantischen Oceans, welchen Anghiera schon im Jahre 1523 erkannte, und welcher dem Golf von Mexico, aus dem er sich zu ergießen schien, seinen Namen verdankt, erhält seinen ersten Impuls durch den Ostweststrom, welcher seine Wasser aus dem Meerbusen von Guinea nach der Küste von Brasilien mit der Geschwindigkeit eines rüstigen Fußgängers hinführt. In seinen östlichen Theilen ist die Temperatur durch Vermischung mit Wasser des an der Küste von Senegambien herabkommenden Polarstroms auf etwa 25° abgekühlt; sie erhebt sich aber beim Vorschreiten nach Westen auf 28°, an der Küste von Guinea auf beinahe 29°, und mit einer Geschwindigkeit von einer geographischen Meile in einer Stunde tritt der Strom in's Caraibische Meer, mit einer Temperatur von 30° verläßt er zwischen Cuba und Florida den Meerbusen von Mexico und nimmt seine Richtung nordöstlich, dann immer mehr östlich nach den Azoren hin. Vom Mai bis November sind dort seine Wasser 4 bis 5 Grade wärmer, als das benachbarte Meer. Diese Strömung, welche im Verein mit den Südwestwinden die Ueberfahrt von Amerika nach Europa um mehre Tage abkürzt, war es, welche schon vor Entdeckung der neuen Welt Boten an die europäischen Küsten trieb und das Dasein entlegener Länder verkündete. Unter dem Einfluß der herrschenden Südweste treiben die warmen Fluthen des Golfstroms bis in den höchsten Norden Europa's. Sabine fand zwischen dem 65. und 70. Breitegrad das Meer noch 5°,6 wärmer, als die westlich angrenzenden Küsten, und bei Anwesenheit desselben Seefahrers trieben Fässer voll Palmöl an die Küste von Hammerfest (71° N. Br.), einem Schiffe angehörig, welches im vorhergehenden Jahre am Cap Lopez in der Nähe des Aequators gescheitert war. Ein Blick auf die Isothermkarten zeigt den mächtigen Einfluß dieses wirksamsten aller Aequatorialströme.

Wir gedenken anderer warmer Ströme, wie sie an den Küsten von Japan nordwärts und auf der südlichen Erdhälfte an den Ostküsten von Afrika und Amerika südwärts gehen, nicht, um unsere Aufmerksamkeit zunächst der großen, von Alexander v. Humboldt im Jahre 1812 aufgefundenen Polarströmung zuzuwenden, welche, aus den antarktischen Meeren kommend, die Küsten von Chili und Peru abkühlt.

In einem breiten Strome ergießen sich die Gewässer des südlichen Eismeers in nördlicher Richtung. C'est une section considérable des mers polaires, marchant majestueusement du sud au nord, heißt es im Berichte der Venus, welche diesem Strome bei ihrer Erdumsegelung begegnete. [2]) Nach-

---

1) Physik, S. 15.

[2]) Dove, Monatsisothermen, 23.

Osten wendend, trifft er in der Breite der Insel Chiloe (43°) mit einer Temperatur von 11° die amerikanische Küste, und noch in dem Breitekreis von 30°, dessen mittlere Temperatur auf 22° sich erhebt, haben sich die Wasser nicht ganz auf 14° erwärmt. Erst in der Nähe des Aequators biegt die auf etwa 20° erwärmte Strömung nach Westen um und verschwindet in dem allgemeinen westlichen Gang der tropischen Gewässer.

Auch das nördliche Eismeer sendet seine kalten Wasser in niedere Breiten in einem Strome, welcher das Klima der nordöstlichen Theile Amerika's herabdrückt und dessen erkältende Wirkung selbst in Europa unangenehm empfunden wird, wenn kalte Nordwestwinde den Frühling und Vorsommer unterbrechen. Wir müssen, um den Ursprung aller der Treibeismassen zu finden, welche in jenem Polarstrome nach Süden gehen, unsere Blicke bis nach dem Norden von Sibirien wenden. Wenn dort die im Frühjahr heraufkommende Sonne das Eis der Flüsse in Bewegung setzt und das Süßwassereis rasch im Meere schmilzt, brechen auch theilweise die Eisgürtel der Küsten, und der Strom, welcher die Schollen entführt, nimmt eine westliche Richtung. Durch die Karische Pforte, durch die Meerenge von Matoschkin Schar, um die Nordküste von Nowa-Semlja treibt das Eis der Grönländischen Küste zu, wird dort nach Süden abgelenkt und trifft am Cap Farewell mit einem zweiten, durch die Davisstraße herabkommenden Eisstrome zusammen, von welchem man annimmt, daß er im Norden Amerika's östlich gehend, durch die Fury- und Heclastraße in die Davisstraße münde. An der Newfoundlandsbank treffen sich vom März bis Juni die Eisschollen beider Ströme, welche dann in der hohen Temperatur des Golfstroms schmelzen. Die Kälte, welche diese Eisströme verbreiten, drücken die Isothermen der Frühlings- und zum Theil noch der Sommermonate an der Ostküste Amerika's nach Süden herab. Auch Island wird zuweilen von jenen Strömen berührt. „Man bemerkt," sagt Lyell, „alle 4 oder 5 Jahre ungeheure Felder Treibeis, „welche von Grönland her an die Westküste von Island sich anlegen. Sowie „die unglücklichen Bewohner dieser traurigen Küste sie ankommen sehen, geben „sie ihre Ernte verloren, denn sie wissen, daß diese den Nebeln nicht widerstehen „können, welche die Eisfelder stets begleiten; auch verlassen die Fische das Ufer, „da das Wasser durch das Eis zu stark abgekühlt ist." — Zahlreiche andere Meeresströme, zum Theil beständiger, zum Theil periodischer Natur, betrachten wir nicht, da sie wohl für die Schiffahrt, aber kaum für die klimatischen und Witterungsverhältnisse von Interesse sind.

Der Wärme ausgleichende Einfluß der Gewässer beruht zum großen Theil auf den Strömungen, deren Hauptzüge wir hier kurz zu schildern versucht haben. Abgeschlossene Seen zeigen daher jene Wirkung nur in geringerem Grade, und daher kommt es, daß das Klima Nordamerika's im Winter einen vollständig continentalen Charakter trägt, obgleich der Obere-, der Huronen-See, der Erie, Michigan und Ontario und die kleineren Seen des Stromgebietes des St. Lorenz eine Fläche von 4500 Quadratmeilen bedecken und der Bärensee, Sclavensee, Athapescow, Winnipeg, Mannituba, Garry, Churchill und Wäldersee in fast ununterbrochener Kette sich durch Neu-England ziehen. Die einmal auf 4° abgekühlten Wassermassen dieser Seen verhalten sich gegen die Wärme fast wie starre Körper und bedecken sich unter gleichen Umständen weit früher mit einer Eismasse, als das freie Meer. (Dove.)

Die Meerbusen und Binnenmeere stehen sowohl hinsichtlich ihrer Temperaturverhältnisse, als bezüglich der Strömungen in der Mitte zwischen dem freien Meere und den Landseen. Die Schwankungen der Temperatur, namentlich eines so seichten Meeres wie die Ostsee, sind größer, als auf dem Ocean. Große

Strecken jenes Binnenmeeres frieren im Winter zu, während man an manchen Sommertagen eine Temperatur von 20° bis 23° beobachtet hat. In einer gewissen Beziehung bilden die Ostsee und das Mittelmeer einen merkwürdigen Gegensatz. Die Flüsse, welche in die Ostsee münden, führen mehr Wasser zu, als die Verdunstung ihr an der Oberfläche entzieht; sie hat darum einen regelmäßigen starken Abfluß durch den Sund. Umgekehrt ist das Verhältniß beim Mittelmeer. Trotz der wasserreichen Ströme, welche sich theils unmittelbar in dasselbe ergießen, theils durch den Hellespont mit ihm in Verbindung stehen, ist die Verdunstung namentlich durch die heißen afrikanischen Winde doch überwiegend, und der Atlantische Ocean giebt darum durch die Meerenge von Gibraltar die nothwendige Ausgleichung. Es leuchtet ein, daß demnach der Salzgehalt der Ostsee etwas geringer, derjenige des Mittelmeeres aber größer sein muß, als im Atlantischen Meere.

Es ist nicht nöthig, auf die Verschiebung der Isothermen aufmerksam zu machen, welche namentlich die größeren Meeresströme verursachen. Ein Blick auf die beigegebenen Isothermkarten läßt diese Wirkung aufs Deutlichste erkennen. Namentlich muß der Unterschied zwischen den Ostküsten von Nordasien und Nordamerika auffallen, da jene von einem warmen Aequatorialstrome, diese von einem Eis führenden Polarstrome getroffen werden.

V. Die Strömungen des Luftmeeres.

Weit beweglicher noch als die Gewässer des Oceans und veränderlicher unter dem Einfluß der Wärme ist das Luftmeer. In der That sind die Bewohner der gemäßigten Zonen gewöhnt, die Strömungen der Luft als diejenige Naturerscheinung zu betrachten, in welcher von allen am Wenigsten Regel und Gesetz herrscht; ihre Veränderlichkeit ist sprichwörtlich. Erst nachdem der Seeweg nach Ostindien gefunden, nachdem Amerika entdeckt und die größeren Seefahrten häufiger geworden waren, erkannte man diese Ansicht als eine einseitige, durch lokale Verhältnisse bedingt. Man traf zwischen den Wendekreisen regelmäßig wehende Nordostwinde auf der nördlichen Seite des Aequators, Südostwinde auf der südlichen Seite, getrennt durch eine Zone von 5 bis 6 Grad Breite, innerhalb welcher häufige Windstillen mit östlichen Strömungen wechseln. Namentlich im Atlantischen Ocean behaupten sich diese sogenannten Passatwinde während des ganzen Jahres. Mit Besorgniß nahmen die Begleiter des Columbus die Beständigkeit der nordöstlichen Strömung wahr, welche ihnen die Rückkehr in die Heimath abzuschneiden schien. Allein die Seefahrer wissen jetzt, daß ein fast eben so regelmäßiger Südwest, welcher jenseits des nördlichen Wendekreises weht und sich bis zum 60sten Breitegrad hin fühlbar macht, die Fahrt von Amerika nach Europa beschleunigt.

So verwickelt und unregelmäßig der Wechsel der Luftströme über dem Festlande erscheint, so einfach sind die Ursachen, aus welchen jene Strömungen entstehen. Wo die Sonne einen Fleck des Luftmeers vorzugsweise erwärmt, da erheben sich die wärmeren und dünneren Luftmassen, am Boden aber strömt kältere, dichtere Luft zum Ersatz von allen Seiten zu. Wenn dichte Wolken einen Theil des Horizontes überziehen, während auf der andern Seite die Sonnenstrahlen noch ungehindert zur Erde gelangen, so strömt am Boden die Luft von der beschatteten nach der sonnigen Gegend. Die Drehungen der Windfahne, wenn eine schwere Wetterwolke über den Beobachtungsort zieht, der Luft-

zug, welcher in Gebirgsthälern des Morgens nach der Höhe, des Abends nach der Tiefe geht, der Wind, welcher an Inseln und an den Küsten des Festlandes des Morgens nach dem stärker erwärmten Lande, Abends und Nachts nach der wärmeren See hingeht und dem erfahrenen Seemanne die Nähe der Küsten verräth, welche sein Auge noch nicht entdeckt, sind nur Wiederholungen des nämlichen Vorgangs.

Die Passatströmungen beruhen auf keinem andern Grunde. In der heißesten Zone der Erde erhebt sich die Luft in einem stetigen Strome zu großen Höhen. Es ist dieß der Gürtel der Windstillen (Calmen), durch die Regelmäßigkeit seiner Witterungserscheinungen vor allen andern bewohnten Gegenden der Erde ausgezeichnet. Mit der Sonne wandert er im Sommer nördlich, im Winter südlich, wenn auch zwischen engeren Grenzen als jene. Seine mittlere Lage ist nördlich vom Aequator, entsprechend dem heißesten Striche, welcher durch die vorwiegende Ländermasse der nördlichen Erdhälfte dahin verschoben ist.[1] Im Sommer liegt die nördliche Grenze der Calmen, auf dem Atlantischen Ocean wenigstens, bei 13°, im Winter bei 5° nördl. Breite.

Den aufsteigenden Massen muß Ersatz werden durch Luft, welche von Nord und Süd der Region der Windstillen zuströmt, während jene, in weit höheren Regionen nach Norden und Süden sich ergießend, erst außerhalb der Wendekreise allmälig herabsinken. Soweit war der innere Zusammenhang der Passatströmungen von Halley erkannt worden. Dafür aber, daß innerhalb der Wendekreise die Winde anstatt rein nördlicher und südlicher, constant eine nordöstliche und südöstliche Richtung behaupten, während der in höheren Breiten von Oben herabsinkende Passat auf der nördlichen Halbkugel vorherrschende südwestliche, auf der südlichen Erdhälfte dagegen nordwestliche Richtung annimmt, hat erst Hadley die richtige Erklärung in der ungleichen Umdrehungsgeschwindigkeit der verschiedenen Breitekreise gefunden. Eine Luftmasse, welche von Norden her dem Aequator näher rückt, gelangt an Punkte von größerer Umdrehungsgeschwindigkeit, welche sie nur allmälig annimmt. Unterdessen bietet sie der nach Osten gerichteten Bewegung aller Gegenstände auf der Erdoberfläche einen Widerstand dar, welcher sich als ein Stoß in entgegengesetztem Sinne zu erkennen gibt. Als Resultirende dieser Stoßkraft und der von Nord nach Süd gerichteten Bewegung macht sich eine nordöstliche Strömung fühlbar. Es bedarf hiernach wohl keiner Erläuterung mehr, warum die Strömung auf der Südhälfte der Erde eine südöstliche ist. Der Nordostpassat weht im Mittel zwischen 9° und 27° N. Br.; das Südostpassat zwischen 3° N. Br. und 25° S. Br.; die Grenzen rücken mit dem Sonnenstande und der Region der Windstillen nord- und südwärts.

Die Luftmassen, welche aus der Region der Calmen in großen Höhen nach den Polen hin abfließen, befinden sich in dem entgegengesetzten Falle der unteren Winde. Sie besitzen die größere Umdrehungsgeschwindigkeit der tropischen Zone und eilen daher in höheren Breiten nach Osten voraus. Wo sie die Erde berühren, werden sie auf der Nordhälfte als Südwestwinde, auf der südlichen Halbkugel als Nordweste empfunden. Was die östlichen Passate durch ihren Widerstand der Erde an ihrer Drehungsgeschwindigkeit rauben, wird ihr durch die westlichen vollständig wieder ersetzt. Für den ersten Anblick scheint es, als müsse der Nordost- und Südostpassat der Wendekreise bei Annäherung an die Calmenregion immer mehr die östliche Richtung gewinnen, indem sich die Unterschiede der Geschwindigkeiten summiren. Allein die letzten Breitegrade

[1]) Siehe Tafel I.

werden von beiden Winden, welche sich gegenseitig stauen, mit so geringer Geschwindigkeit durchlaufen, und die Unterschiede in der Drehungsgeschwindigkeit der Breitekreise vermindern sich dergestalt[1]), daß die Luftmassen Zeit haben, sich zu accomodiren, daher die Ströme zuletzt nicht östlicher werden, sondern mehr in die nördliche und südliche Richtung zurückkehren.

Es fehlt jetzt nicht mehr an Beobachtungen, welche das gleichzeitige Vorhandensein zweier entgegengesetzten Luftströme zwischen den Wendekreisen darthun. Im Sommer, wo beim nördlichen Vorrücken der Calmenregion auch die Canarischen Inseln von dem am Boden wehenden Nordostpassat ergriffen werden, findet man beim Besteigen des Pic von Teneriffa oben die heftigsten Südweste. Im Winter sinken diese bis zur Meeresfläche herab. In der Nähe der Calmen ist es zwar noch nie gelungen, auf den höchsten Berggipfeln den oberen Passat zu erreichen, allein hier haben die westindischen Vulkane die Beweisführung übernommen. Am 1. Mai 1812 sahen die Bewohner von Barbados eine schwarze Wolke am westlichen Horizont gegen die Richtung des Windes herannahen, und nicht lange nachher wurde die Insel in undurchdringliche Finsterniß gehüllt, die Bäume brachen unter der Last des herabfallenden Aschenregens. Der Vulkan Morne Garou des 20 Meilen westlich liegenden St. Vincent hatte diese Aschenmassen bis in die Region des oberen Passat geschleudert. Die nämliche Strömung führte am 20. Januar 1835 die Aschen des Cosiguina bis nach Kingston auf Jamaica und gleichzeitig wurden Aschenmassen südlich ins stille Meer getrieben, wo sie in einer Entfernung von 240 Meilen das Schiff Conway erreichten.

Im atlantischen Ocean und im stillen Meere, deren Wassermassen sich beinahe von einem Pole zum andern erstrecken, treten die Passate in großer Regelmäßigkeit auf. Im indischen Meere, welches etwa im 20ten Grad nördlicher Breite von der größten Ländermasse der Erde begrenzt ist, wird jene Regelmäßigkeit durch den Gegensatz von Land und Meer gestört. Die Frühjahr- und Sommersonne entwickelt über dem asiatischen Continente eine Hitze, welche, in den südlichen Theilen wenigstens, der afrikanischen die Wage hält. Ein breiter Luftstrom steigt über Asien auf und wirkt saugend auf die kühlere Luft der umgebenden Meere und selbst der kühleren europäischen Länder. Die Ordnung der Passate wird im indischen Meere durch diesen mächtigen Einfluß völlig durchbrochen, die vom Meere nach dem heißeren Lande hinströmende Luft eilt östlich voraus und es wehen daher vom April bis in den September die constanten Südweste, welche dort unter dem Namen der **Monsune** bekannt sind. Im Winter kehrt sich mit dem Temperaturverhältniß von Meer und Land auch die Richtung dieser Winde um und damit ist für diese Jahreszeit wenigstens die Ordnung der Passate hergestellt. Gerade dann aber wirkt Neu-Holland, welches in dieser Jahreszeit seine höchste Temperatur erreicht, umkehrend auf den Südostpassat. Zwischen dem indischen Archipelagus und Neu-Holland wehen vom Oktober bis in den April nordwestliche, in den Sommermonaten dagegen südöstliche Winde.

Wenn es noch eines Beweises für die angegebene Entstehung der Monsune bedürfte, so würde man ihn darin finden, daß auf der südöstlichen Seite von

[1])

Breite.	Drehungsgeschw.	Untersch.	Breite.	Drehungsgeschw.	Untersch.
0°	470 Meter	2	25°	426 Meter	19
5°	468 „	5	30°	407 „	22
10°	463 „	9	35°	385 „	25
15°	454 „	12	40°	360 „	31
20°	442 „	16	45°	329 „	

Asien der Südwestmonsun immer mehr in einen südlichen Wind übergeht, indem die von Südost beiströmende Luft vermöge ihrer größeren Umdrehungsgeschwindigkeit südliche Richtung erhält. Bei den Philippinen weht ein reiner Südmonsun. Es leuchtet ein, wie wichtig für die Schifffahrt die Kenntniß des Verbreitungsbezirks und der Periode des Wechsels jener regelmäßigen Winde sein muß, welche die Fahrt von Europa nach China im Sommer und die Rückfahrt im Winter erleichtern.

In höheren Breiten suchen sich die nämlichen Ströme, welche zwischen den Wendekreisen übereinander hingehen, ihr Bett nebeneinander aus, indem sie sich von Zeit zu Zeit verschieben und gegenseitig verdrängen. Den natürlichen Widerstand, welchen die oberen Südwestpassate der nördlichen Halbkugel, nachdem sie auf die Erdoberfläche herabgesunken sind, in den kalten Polarströmen finden, überwinden sie am Leichtesten über den Wasserflächen des stillen und des atlantischen Oceans, weil hier die Temperaturen nach Norden hin langsam abnehmen; auch Europa mit seinem Seeklima ist noch ein bevorzugtes Bett der Südwestströme; und über Nordamerika wehen im Sommer wenigstens die Südweste des stillen Meeres. Auf dem asiatischen Continent und im Winter auch auf demjenigen Nordamerika's dringen die Polarströme durch, in Asien als nordöstliche, in Amerika als nordwestliche Winde, ausgehend von den kältesten Stellen der Erde. Die Aequatorialströme nehmen im Ganzen, wie Dove bemerkt hat, ihrer höheren Temperatur und größeren Dampfgehaltes wegen, breitere Striche ein, als die Polarströme.

Im Winter, wenn die Passate sich nach ihrer südlichsten Grenze zurückgezogen haben, herrschen in Europa entschieden die herabgesunkenen Südwestströme vor. Im Frühjahr, wenn der asiatische Continent sich zu erwärmen beginnt und gleichzeitig die Wärme in Nordafrika sich steigert, entsteht ein Kampf zwischen westlichen und nördlichen Strömen, welche nach jenen heißen Heerden hingezogen werden. Der Sieg der ersteren, von den eisigen Massen des nördlichen Polarstroms herkommenden Winden, entscheidet für ein rauhes Frühjahr und kalten Sommer, der Sieg der nördlichen Ströme, welche bald in einen dauernden Nordost übergehen, für einen heitern, warmen Sommer. Am Schlimmsten steht es um Europa in den Jahren, in welchen auch für die Sommermonate die Südwestströme ihr dauerndes Bett über diesen Erdtheil gegraben haben; Mißwachs und Theuerung sind dann im Gefolge der niederen Temperatur, welche jene Winde im Sommer erhalten, indem die dicht von ihnen ausgebreitete Wolkendecke der Sommerwärme den Zutritt versagt. Man hat bemerkt, daß solche abnorme Windverhältnisse häufig im Gefolge heftiger Stürme eintreten, welche vermöge ihrer durchgreifenden Wirkung eine dauernde Strömung einzuleiten vermögen. Ueberhaupt sind die Südweste stürmischerer Natur als die Nordoste, weil sie in der Höhe ungehindert vorschreitend und aus den Gegenden größerer Drehungsgeschwindigkeit kommend, ihr Bett um so mehr verengen müssen, je weiter sie nördlich vordringen. Bei den bedächtig vorschreitenden Nordosten machen sich alle diese Einflüsse in umgekehrtem Sinne geltend.

Sehr schön bemerkt Dove, daß wenn die Südweste sich im Sommer über Europa behaupten, Kühle, Mißwachs und Theuerung in ihrem Gefolge führend, die Polarströme, welche dann über Asien und das südöstliche Rußland oder über Nordamerika ausgleichend herabströmen, in diesen Ländern den Ertrag der Ernten sichern. Allgemeiner Mißwachs auf der nördlichen Erdhälfte kann um so weniger eintreten, als die Südweste doch vorzugsweise über die großen Meere ihren Weg nehmen. Wenn diese Winde auch in den Getreide bauenden

Theilen von Nordamerika im Sommer vorherrschen, so haben sie dort die verderbliche Wirkung der europäischen Südweste nicht, weil sie ihre Wassermassen größtentheils abgesetzt haben, ehe sie die östlichen Länder von Nordamerika erreichen. Dove belegt seine Schlüsse mit zahlreichen Beispielen der Witterungsgeschichte von 115 Jahren. Um nur eines hervorzuheben, erinnern wir an die Mißernte und Theuerung der Jahre 1816 und 1817. Während des ganzen Sommers 1816 wurde das westliche Europa mit kalten Regenschauern überschüttet, während die Polarströmung den südlichen Provinzen Rußlands ein warmes und ergiebiges Jahr brachte. Die dortigen reichlichen Vorräthe halfen dem Mangel im Westen ab. Odessa erhob sich in diesen Jahren zu einer blühenden Handelsstadt, indem der Werth seiner Kornausfuhr in den Jahren 1815 bis 1817 von 11 auf 38 Millionen Silberrubel stieg. — Der Winter 1851 auf 52 bot eines der nicht seltenen Beispiele der Ausgleichung zwischen Europa und Nordamerika. Während der europäische Winter ein ungewöhnlich milder war, liefen aus allen Theilen Nordamerika's Nachrichten von der heftigsten Kälte ein.

In dem nordasiatischen Ländergebiete bilden die ruhig und stetig fließenden Nordoste eine Regel fast ohne Ausnahme. Ueberhaupt ist die Luft über den Ländern jenseits des Himalaya einem ruhigen See zu vergleichen, in welchen die Luftwogen des stürmischen Europa oder der indischen Länder und Meere nur selten hineinschlagen.

Wenn auch die Ursachen, aus welchen die nebeneinander verlaufenden Aequatorial- und Polarströme sich von Zeit zu Zeit gegenseitig verdrängen, nur selten ersichtlich sind, so herrscht doch in dem Vorgange selbst ein allgemeines Gesetz, durch dessen umfassende Begründung Dove sich ein hervorragendes Verdienst um die Witterungskunde erworben hat. Die folgenden Zahlen drücken die Häufigkeit der Winde in einem Ländergebiet aus, welches aus Frankreich, den Niederlanden, Deutschland, Großbritannien und Dänemark besteht:

Nord	89	Süd	104
Nordost	112	Südwest	200
Ost	101	West	172
Südost	93	Nordwest	129

Das Vorherrschen der südwestlichen und westlichen Strömungen ist unverkennbar, unter den entgegengesetzten Winden ist aber der Nordost entschieden im Vorrang. Es sind zwar diese Winde in die verschiedenen Jahreszeiten ungleich vertheilt, im Allgemeinen aber haben die Nordoste und Südweste die meiste Dauer, die andern Winde können als Uebergangsstufen gelten und das einfache Gesetz, welches den Namen Dove's führt, spricht die Art aus, wie der eine dieser Hauptwinde in den andern übergeht. Auf der nördlichen Halbkugel dreht sich der Südwest über West, Nordwest und Nord nach Nordost; und wenn dieser Wind aufs Neue einem Südwest weicht, so geschieht es durch eine Drehung über Ost, Südost und Süd. Zahlreiche Beobachtungen haben gelehrt, daß auf der südlichen Erdhälfte hauptsächlich die Nordwest- und Südostströme mit einander wechseln und daß ihre Drehung im umgekehrten Sinne über West nach Süd und von Südost über Ost nach Nord und Nordwest erfolgt. Namentlich im Winter hat man bei uns Gelegenheit, die Regelmäßigkeit der Drehung durch die ganze Windrose zu beobachten. „Wenn der Südwest, immer heftiger „wehend, endlich durchgedrungen ist, erhöht er die Temperatur bis über den „Thaupunkt, es kann dann nicht mehr schneien, sondern es regnet, während das „Barometer seinen niedrigsten Stand erreicht. Nun dreht sich der Wind nach „West und der dichte Flockenschnee beweist ebenso gut den einfallenden kälteren

„Wind, als das rasch steigende Barometer, die Windfahne und das sinkende „Thermometer. Mit Nord heitert sich der Himmel auf und mit Nordost tritt „das Maximum der Kälte und des Barometers ein. Aber allmälig beginnt „dieses wieder zu fallen und feine Wolkenstreifchen zeigen durch die Richtung „bei ihrem Entstehen den oben eingetretenen südlicheren Wind, welchen das „Barometer schon bemerkt, wenn auch die Windfahne noch nichts davon weiß „und noch ruhig Ost zeigt. Doch immer bestimmter verdrängt der südliche „Wind den Ost von Oben herab; bei entschiedenem Fallen des Quecksilbers „wird die Windfahne Südost, der Himmel bezieht sich allmälig immer mehr „und mit steigender Wärme verwandelt sich der Schnee mit Südost und Süd, „bei Südwest wieder in Regen." [1]) Diese Schilderung trägt zwar in manchen Beziehungen einen lokalen Charakter, sie gilt nur für das westliche und mittlere Europa, aber die nämliche Drehung der Winde ist allen Gegenden der nördlichen Erdhälfte gemeinsam, in welchen überhaupt wechselnde Winde an die Stelle der regelmäßigen Ströme der Passatzone treten. Die Erklärung des Drehungsgesetzes ist mit derjenigen identisch, welche für die Richtung der Passate gegeben wurde. Wenn Südwest weht und dann ein nördlicher Strom ihm entgegentritt, so setzen beide Winde sich zu West, und wenn der Nord noch mehr ins Uebergewicht tritt, zu Nordwest zusammen. Endlich siegt der Nord völlig, allein wenn er nur einige Zeit lang geweht hat, nimmt der Strom, der in Breitekreise von immer größerer Drehungsgeschwindigkeit übertritt, die nordöstliche Richtung an und beharrt gewöhnlich einige Zeit in derselben. Erst, wenn wieder südliche Luftmassen zuerst in der Höhe, dann auch am Boden, sich nach Norden hin bewegen, rückt der aus beiden Bewegungen zusammengesetzte Strom über Ost, Südost nach Süd, und geht dann bei längerer Dauer nothwendig wieder in Südwest über. Im Winter tritt, wie schon bemerkt, der Wechsel der Winde mit einer Drehung um den ganzen Horizont in Europa häufiger und mit entschiedneren Temperaturschwankungen auf, als in den übrigen Jahreszeiten. Namentlich hat man häufig Gelegenheit, wenn nach heftiger Kälte Thauwetter folgt, die in der Höhe voraus eilenden südlichen und südwestlichen Winde am Zug der Wolken zu beobachten. Auf den Höhen der Gebirge herrscht das Thauwetter oft schon in seiner ganzen Kraft, während die kalte Luft noch in den Thälern steht. Die Tyroler sagen darum, der Föhn drücke die Kälte in das Thal.

Nachdem wir in den Strahlungsgesetzen der Sonne, in der ungleichen Erwärmungsfähigkeit des Meeres und Landes, in den Strömungen der Meere und der Luft und ihrer mannichfachen Abänderungen durch die gegenseitige Lage von Land und Wasser die hauptsächlichen Einflüsse kennen gelernt haben, welche die eigenthümliche Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche während des ganzen Jahres und in den einzelnen Monaten bedingen, wenden wir unsre Aufmerksamkeit noch einmal den Monatsisothermen zu, welche den übersichtlichen Ausdruck jener Vertheilung bilden.

Der Einfluß des Golfstroms, welchem wir bereits bei den Jahresisothermen begegneten, erreicht in den Isothermen des Januar (Tafel II) seine größte Ausdehnung. Bis nach Novaja Semlja ist er zu verspüren, indem er den Isothermen von — 15°, — 10° und — 5° nach Osten überhängende Scheitel gibt. Wenn man in diesem Monat vom Nordkap nach Torneo, also südlich reist, gelangt man in immer kältere Regionen. Die Isotherme von 0° geht aus

---

[1]) Dove, Meteorologische Untersuchungen, S. 131.

einer Breite weit jenseits des Polarcirkels bis nach Holland fast genau in der Richtung des Meridians; nach Westen gehend, findet man es wärmer, nach Osten zu kälter. — Auch im stillen Ocean erscheinen die Isothermen durch wärmere Wasser nördlich geschoben, während eine intensive Kälte sie über den Ländern des nordöstlichen Asiens und des nördlichen Amerika's weit herab in niedere Breiten rückt.

Je näher dem Aequator desto mehr verflachen sich die im hohen Norden stark gekrümmten Linien; die Isotherme von 20° weicht nur wenig von dem nördlichen Wendekreise ab. Die heißeste Zone der Erde (26°,2) ist nur in der Nähe der Gallopagos in eine Linie zusammengedrängt und umfaßt sonst einen Raum, welcher sich namentlich im indischen und stillen Meere ausbreitet. Er fällt zum größten Theil auf die südliche Erdhälfte; das Festland von Südamerika drängt ihn am Weitesten nördlich, das von Australien am Meisten nach Süden. Auf der südlichen Halbkugel macht sich der Einfluß der kühleren Ströme im Westen von Afrika und Südamerika geltend. Im Ganzen sind die Isothermen höherer Breiten weit weniger gekrümmt, als diejenigen in der Nähe des Aequators, während auf der nördlichen Seite der Erde gerade das Entgegengesetzte wahrgenommen wird. Die Ursache ist übrigens eine und dieselbe. In dem Maße wie die Ländermassen schwinden, welche die Einförmigkeit des Oceans unterbrechen, fallen auch die Einflüsse weg, welche den Isothermen jene unregelmäßigen Gestalten geben.

Auch sind im Laufe des Jahres die Formänderungen der südlichen Isothermen gering zu nennen gegen die großartigen Verschiebungen und Drehungen, welche die nördlichen erfahren. Während die Isotherme von — 40°, welche den einen nördlichen Kältepol umgibt, auch noch einen Raum im nördlichen Sibirien einschließt, in welchen Jakutzk noch fällt, hat derselbe Raum im Juli eine Temperatur von mehr als 15° angenommen; 56 Isothermen von 1° sind im Laufe des halben Jahres über Jakutzk hingewandert; die Linien, welche im Januar dem Aequator stark convexe Scheitel zukehren, sind im Juli nach derselben Seite hin concav. In der nämlichen Zeit sind nur 15 Isothermen über Deutschland hingeschritten; die Drehung der Isothermen aber ist nirgends stärker als über Europa; an den nämlichen Orten, wo die Isothermen des Januar von Nordwest nach Südost verlaufen, haben sie im Juli eine Richtung angenommen, welche sich nicht viel von derjenigen aus Südwest nach Nordost unterscheidet. Offenbar müssen bei diesen starken Oscillationen der Linien gleicher Monatswärme Zeitpunkte eintreten, in welchen sich Convexität und Concavität am Meisten ausgeglichen hat und die Linien sich dem Parallelismus mit den Breitekreisen nähern. Dieß trifft im September für die ganze nördliche Erdhälfte, Ende April wenigstens für Europa und Asien ein. Im September und Anfang Oktober, wo die Gegensätze der Temperatur zwischen Ost und West am Meisten ausgeglichen sind, herrscht darum auch in Amerika, wie in Europa die schönste und beständigste Witterung. „Die Natur schlummert im Herbste beruhigt ein, sagt Dove, im Frühjahr aber erwacht sie fieberhaft.“ Im Frühjahr, wenn sich die Gegensätze zwischen Europa und Asien auszugleichen beginnen, erniedrigt das im Norden losbrechende Eis die Wärme der Ostküsten Amerika's noch empfindlich; immer mehr rücken die convexen Scheitel der Isothermen, auf der Westseite durch höhere Wärme verdrängt, nach diesen Küsten hin, und selbst im heißesten Monat des Nordens, im Juli, ist der Einfluß des kalten Wassers noch nicht ganz gebrochen. Die nämlichen Eisströme, welche unser Frühjahr durch die kalten Nordweststürme unfreundlich unterbrechen, verspäten den nordamerikanischen Sommer. Die Monatstemperaturen für Okak, Iluluk, Halifax,

S. 56 und 57, lassen diesen Einfluß deutlich erkennen. Erst im August und September, wenn die im Norden bereits steigende Kälte den Eisstrom hemmt, kommt die warme Zeit auch für Amerika, „die Zeit, wo der große Geist der Rothhaut ihren Sommer sendet, damit sie auf die Jagd gehe.“ (Dove.)

Im Februar entwickeln sich in Südamerika, in Südafrika und dem indischen Meere zwei durch den atlantischen Ocean getrennte Räume von 27°,5, welche im März sich vereinigen. Es dringen dann im April im nördlichen Afrika und in Vorderindien zwei Räume von 30° nach, welche im Mai und Juni einen zusammenhängenden Strich bilden. Aus seinem Innern entwickelt sich im Juli in Nordafrika und Arabien (vergl. Tafel III) der heißeste Raum der Erde mit 32°,5, welcher übrigens im August schon wieder verschwunden ist, während sich ein Rest der Wärme von 30° bis in den Oktober im nordwestlichen Afrika behauptet.

Vergleicht man die dichtgedrängten und mannichfach gekrümmten Isothermen des Januar mit denjenigen des Juli (Tafel II und III), so hat man das sprechendste Bild für den Unterschied der Erwärmungs- und Abkühlungsfähigkeit von Land und Meer. Auf der Südhälfte der Erde tritt vom kältesten bis zum wärmsten Monat nur Eine Isotherme, die von 26°,2 hinzu; auf der Nordhälfte sind vom Januar bis zum Juli 45 Isothermen im Norden verschwunden und 6 neue in der heißen Zone aufgetaucht. — Offenbar ist im Sommer die Wärmevertheilung auf der Erde eine weit gleichmäßigere als im Winter; die grellen Gegensätze der Witterung, welche dem nordischen Winter eigen sind, verlieren sich gegen den Sommer hin mehr und mehr; die Südhälfte kennt sie während des ganzes Jahres nicht. —

Ueberblicken wir die gesammten Strömungen des Luftmeeres, so finden wir zahlreiche Grenzregionen, an welchen Winde von ungleicher Temperatur und Richtung übereinander oder nebeneinander herstreichen. Jene Grenzen sind zum Theil periodischen, zum Theil solchen Verschiebungen unterworfen, in welchen man bis jetzt eine Gesetzmäßigkeit nicht zu erkennen vermochte. Wir rechnen dahin die Zone der Windstillen, in welcher der Nordost- und Südostpassat sich begegnen, die Grenze zwischen diesen Passaten und den Strömen, welche die erhitzte Luft in höheren Regionen als Südweste und Nordweste forttragen, den Breitestrich, in welchem diese oberen Winde zur Erde herabsinken, die Grenzen der Aequatorial- und Polarströme in höheren Breiten, und diejenigen der Moussons gegen die benachbarten regelmäßigen Passate. Alle diese Grenzen tragen in gewissem Sinne einen unsteten, gefährlichen Charakter; es bedarf nur einer localen Störung, so stürzen kältere Luftmassen, die gewöhnlichen Schranken durchbrechend, in die wärmeren ein, andre dringen in die geöffnete Bahn mit vermehrter Geschwindigkeit nach und es entstehen die **stürmischen** Bewegungen der Atmosphäre, welche in Europa zur Zeit der Aequinoctien den Uebergang aus der herrschenden südwestlichen in die nordöstlichen Strömungen begleiten, in niederen Breiten aber als ungeheure Wirbel mit furchtbar verheerender Gewalt über Länder und Meere gehen. Die **Hurricans** oder **Tornados** Westindiens, die **Teifune** der chinesischen Gewässer sind die Schrecken jener Gegenden.

Wenn sich an der inneren Grenze des Nordostpassats eine Luftmasse nach nördlicher Richtung in Bewegung setzt, entweder weil Luft aus dem oberen Passat herabgesunken ist, oder der Südost der südlichen Halbkugel die Zone der Windstillen durchbrochen hat, so zeigt dieselbe bald ein Bestreben, nach Westen hin abzuweichen. Der Nordost leistet ihr darin Widerstand, am Meisten auf ihrer östlichen Grenze; die westlichen Theile dagegen, welche Luft gleicher

Umdrehungsgeschwindigkeit zur Seite haben, weichen mehr westlich ab und es entsteht somit eine wirbelnde Bewegung von Süd über Ost nach Nord und West gerichtet. Noch leichter und kräftiger wird dieser Wirbel sich ausbilden, wenn die ursprüngliche Störung durch eine von Südost nach Nordwest gerichtete Bewegung erzeugt wurde und dieß ist in der That die Richtung, in welcher die heftigsten Hurricans Westindiens vorzuschreiten pflegen, so lange sie sich in der Zone der unteren Passate befinden. An die Grenze des oberen Passates gelangt, biegen sie unter einem rechten Winkel um und gehen nun, da ihr Lauf durch keine entgegenstehende Strömung gehemmt, vielmehr durch die Südweste beschleunigt wird, mit vermehrter Geschwindigkeit vor. Zugleich erweitert sich der Wirbel zu immer weiteren Kreisen, verliert aber in gleichem Verhältniß an Energie. Die Schwungkraft, welche, namentlich so lange der Sturm noch auf engerer Bahn geht, die mit rasender Geschwindigkeit umlaufende Luft nach Außen treibt, verleiht dem Wirbel eine saugende Kraft, welche auf dem Lande Erd- und Steinmassen, entwurzelte Bäume, Thiere und Menschen in den verderblichen Schlund zieht, auf dem Meere nicht selten Himmel und Erde zu verbinden scheint, indem sie von Oben die Wolken, von Unten die Meereswogen in den Wirbel reißt. Es ist erklärlich, daß das Barometer einen ungewöhnlich tiefen Stand erreichen muß, wenn ein Orkan über ihm hinzieht. Was aber diesen Anzeigen einen besondern Werth verleiht, ist der Umstand, daß sie oft längere Zeit dem Eintreffen des Sturms an der Erdoberfläche vorangehen, da der Wirbel, durch die Hindernisse des Bodens gehemmt, in dem obern Theile sich vorbiegt und vorauseilt.

Die Vorstellung, welche von der Entstehung der Orkane gegeben wurde, findet darin ihre Bestätigung, daß in der südlichen Passatzone die Orkane zuerst nach südwestlicher, in die Region des oberen Passats tretend, aber nach südöstlicher Richtung vorzuschreiten pflegen; wie dieß unter Andern bei dem furchtbaren Sturme vom 7. März 1809 der Fall war, welcher die Inseln Rodriguez, Mauritius und Bourbon im Osten von Madagascar traf. Auch an heftigen Stürmen, welche sich allein die gemäßigte Zone zu ihrem Schauplatz auserseben, hat Dove das Vorhandensein einer Wirbelbewegung aus den Drehungen der Windfahnen nachgewiesen, welche sämmtlich nach den Tangenten der Kreisströme gerichtet waren. Der Sturm vom 24. December 1821, welcher ganz Europa in Schrecken setzte, erzeugte die niedrigsten Barometerstände auf einer Zone, welche von Brest nach der Südwestspitze von Norwegen gerichtet war. Auf diesem Wege schritt die Mitte des Wirbels nach nordöstlicher Richtung fort. Die Windfahnen aller Orte, welche auf diesem Striche lagen, zeigten zuerst Südost und schlugen nach kurzer Ruhe nach Nordwest um; in Frankreich und Deutschland zeigten sie nacheinander Südost, Süd, Südwest an.

Man kann die furchtbar verheerende Gewalt tropischer Orkane nicht schöner schildern, als dieß von Dove geschehen, welcher dabei treu dem Berichte von Augenzeugen folgte. „Im Emmenthal," sagt Dove,[1]) „herrscht eine alte Sage, daß in den Klüften des Hochgant eine Riesenschlange verborgen liege, welche Jahrhunderte lang ihre Höhle nicht verlasse, dann aber plötzlich mit entsetzlicher Wuth hervorbreche. Man erkennt in der Riesenschlange leicht den Bergstrom, welcher, durch Wolkenbrüche plötzlich angeschwellt, aus den Thalwindungen hervorbraust. Seit Menschengedenken hatte man nichts von dem Ungethüm vernommen. Da im August 1837 brach es so wüthend hervor, daß es Felsblöcke von 60 Centner Gewicht vor sich herwälzte. — Aber wer hatte

[1]) Die Witterungsverhältnisse von Berlin, 1852. Zweite Auflage. S. 40.

das Ungeheuer aufgescheucht? ein Sturmwind der westindischen Inseln. Am 2. August 1837 kündigte der Hafenmeister von Porto Rico um 4 Uhr Nachmittags den Schiffsführern an, sie hätten sich auf einen Sturm gefaßt zu machen, da das Barometer bedeutend sinke. Aber diese Vorsorge war vergeblich. Von den 33 vor Anker liegenden Schiffen konnte keines vom Untergang gerettet werden; so groß war die Gewalt des Orkans, daß in St. Bartholomé allein 250 Gebäude zerstört wurden. Noch schrecklicher war die Verwüstung auf St. Thomas; die Trümmer von 36 Schiffen sperrten den Hafen, das Fort am Eingang desselben war so zerstört, als wenn es durch eine Batterie eingeschossen worden wäre, Vierundzwanzigpfündner wurden vom Winde fortgeführt. Ein großes schön gebautes Haus stand, von seinen Fundamenten losgerissen, aufrecht mitten in der Straße, andere Häuser waren geradezu umgekehrt."

Von dem Sturme, welcher am 10. August 1831 Barbados verwüstete, berichtet ein Augenzeuge Folgendes: Um 7 Uhr Abends war der Himmel heiter und die Luft ruhig; diese Ruhe dauerte bis etwas nach 9 Uhr, wo der Wind aus Nord zu wehen anfing. Um halb 10 Uhr sah man ferne Blitze in NNO und NO. Windstöße und Regenschauer aus NNO, getrennt durch Windstillen, folgten dann bis Mitternacht, das Thermometer fiel während derselben auf 28°,4 und stieg während der Windstillen auf 30°. Nach Mitternacht wurde das ununterbrochene Flammen der Blitze schrecklich und großartig und der Sturm brauste wüthend von N und NO her. Aber um 1 Uhr Morgens am 11ten wuchs die rasende Wuth des Windes, der Sturm wandte sich plötzlich von NO nach NW und den dazwischenliegenden Strichen des Bogens. Die oberen Regionen der Atmosphäre waren während dessen von ununterbrochenen Blitzen erleuchtet, aber diese Blitze wurden an Glanz durch die Strahlen des elektrischen Feuers, welche nach allen Richtungen hin explodirten, übertroffen. Etwas nach 2 Uhr ward das Heulen des Sturms, der von NNW und NW hereinbrach, so, daß keine Sprache es zu beschreiben vermag. Oberstlieutenant Nickle, der Befehlshaber des 36. Regiments, hatte unter dem Fensterbogen eines unteren Stockwerks nach der Straße hin Schutz gesucht und hörte wegen des Sturmes nicht das Einstürzen des Daches und oberen Stockwerks. Um 3 Uhr nahm der Wind ab, aber wüthende Stöße kamen abwechselnd aus SW, W und WNW.

Einige Augenblicke hörten auch die Blitze auf und die Dunkelheit, welche nun die Stadt einhüllte, war unbeschreiblich schrecklich. Das dumpfe Geräusch des Windes sank zu einem majestätischen Gemurmel herab und die Blitze, welche seit Mitternacht im Zickzack geleuchtet hatten, erschienen nun eine halbe Stunde lang mit neuer und erstaunlicher Thätigkeit zwischen den Wolken und der Erde. Die große Dunstmasse schien die Häuser zu berühren und sendete Flammen niederwärts, die schnell von der Erde zurückschlugen.

Augenblicklich nachher brach der Orkan von Westen wieder herein, mit unbeschreiblicher Gewalt, tausend Trümmer als Wurfgeschosse vor sich hertreibend. Die festesten Gebäude erbebten in ihren Grundmauern, ja die Erde selbst zitterte, als der Zerstörer über sie wegschritt. Kein Donner war zu hören, denn das gräßliche Geheul des Windes, das Brausen des Oceans, dessen mächtige Wellen Alles zu zerstören drohten, was die andern Elemente etwa verschonen möchten, das Gerassel der Ziegel, das Zusammenstürzen der Dächer und Mauern und die Vereinigung von tausend andern Tönen bildete ein Entsetzen erregendes Geräusch. Wer fern war von dieser Schreckensscene, kann keine Vorstellung haben von den Empfindungen, welche sie erregte.

Nach 5 Uhr ließ der Sturm einige Augenblicke nach und da hörte man

deutlich das Fallen der Ziegel und Bausteine, welche durch den letzten Windstoß wahrscheinlich zu bedeutender Höhe waren fortgerissen worden. Um 6 Uhr war der Wind Süd, um 7 Uhr Südost, um 9 Uhr war schönes Wetter.

Sobald als die Dämmerung die Gegenstände sichtbar machte, ging der Berichterstatter auf den Kay. Der Regen schlug so heftig herab, daß er die Haut verletzte, und so dicht, daß man nur bis zur Spitze des Dammes sehen konnte. Der Anblick war über alle Beschreibuug erhaben. Die Wogen rollten so gigantisch einher, als böten sie jeder Zerstörung Trotz, so wie sie aber an der Werfte sich brachen, verloren sie sich unter den Trümmern jeglicher Art. Balken, Schiffstaue, Tonnen, Kaufmannsgüter bildeten eine zusammenhängende undulirende Masse. Nur zwei Schiffe waren aufrecht, viele umgekehrt oder lagen auf der Leeseite im seichten Wasser.

Vom Thurme der Kathedrale zeigte sich ein Bild allgemeiner Zerstörung, der Anblick der Gegend war der einer Wüste, nirgends eine Spur von Vegetation, einige Flecken welken Grüns ausgenommen. Der Boden sah aus, als wenn Feuer durch das Land gegangen wäre, welches Alles versengt und verbrannt hätte. Einige wenige stehengebliebene Bäume, ihrer Blätter und Zweige beraubt, gewährten einen kalten, winterlichen Anblick und die zahlreichen Landsitze in der Umgebung von Bridgetown, früher vom dichtesten Gebüsche beschattet, lagen nun frei und in Trümmern. Aus der Richtung, in welcher die Cocosnußbäume umgestürzt waren, erkannte man, daß die ersten durch einen NNO, die Mehrzahl aber durch einen NW entwurzelt waren. —

Ist es solchen Zeugnissen gegenüber noch nöthig, die Gewalt des Windstoßes in Zahlen auszudrücken? Der Teifun, welcher im October 1831 von den Philippinen durch das chinesische Meer, über Hinterindien bis nach Calcutta hinging, legte in 1 Stunde 11,5 geographische Meilen, in einer Sekunde demnach etwa 24 Meter zurück. Wie viel größer muß die Geschwindigkeit der Luft in der Wirbelbewegung selbst sein; nehmen wir sie nur 50 Meter an, so verlieren an einem Quadratmeter widerstehender Fläche in einer Sekunde 50 Kubikmeter Luft ihre Geschwindigkeit, was einem Druck von 330 Kilogrammen gleichkommt.

VI. Der Druck der Dämpfe und der trockenen Luft.

Es dürfte an der Zeit sein, dem Instrument unsre Aufmerksamkeit zuzuwenden, von welchem man bald nach seiner Erfindung die Lösung aller Geheimnisse der Witterungskunde erwartete, welches heutzutage noch als vorzüglichstes, ja fast als einziges Orakel künftiger Witterung gilt, und mit welchem selbst Diejenigen, welche öfter seine Unzuverlässigkeit erprobt haben, sich immer aufs Neue wieder versöhnen, wie mit einem Freunde, dessen Schwächen man erträgt, um seiner Vorzüge sich erfreuen zu können. Das Barometer zeigt den Druck der auf seinem offenen Schenkel lastenden Luftsäule an, jede Aenderung im Gewichte dieser letzteren macht das Quecksilber steigen oder fallen. Freilich ist das Verhältniß, unter welchem man beobachtet, kein günstiges, insofern jede atmosphärische Welle sich in mehr als 10000mal verkleinertem Maßstabe auf die Quecksilbersäule überträgt,[1] allein kein anderes Instrument hat bis jetzt die Genauigkeit eines gut construirten und sorgfältig beobachteten Barometers erreicht.

---

[1]) Physik, S. 86.

Wie das Thermometer die mittleren Wärmeverhältnisse eines Orts, die periodischen Schwankungen um den mittleren Werth, endlich die nicht periodischen Abweichungen zu erkennen gestattet, wie aus den gleichzeitigen Resultaten vieler über die Erdoberfläche zerstreuter Beobachter das Hin- und Herwogen der Wärme sich erschließen läßt, so ist es ohne Zweifel eine der wichtigeren Aufgaben der Beobachtungskunst, den mittleren Luftdruck und seine periodischen Aenderungen an möglichst vielen Orten und den mannichfach sich kreuzenden Gang atmosphärischer Wellen an dem Barometer zu erkennen. Wir haben bereits erwähnt, wie dieses Instrument den oben hereinbrechenden Südwest früher als die Windfahne verräth, wie es von herannahenden Orkanen warnende Kunde gibt; wir werden die Abhängigkeit des Quecksilberstandes von der Richtung des Windes überhaupt noch näher erörtern. Die Aussprüche des Barometers werden indessen erst verständlich durch die Sonderung zweier Ursachen, welche stets vereint auf seinen Stand einwirken, des Gewichtes der trockenen Luft und des mit ihr vermischten Wasserdampfs. Das erstere ist seiner Summe nach eine für die ganze Erde unveränderliche Größe, nur die Art der Vertheilung wechselt; der Wasserdampf aber ist auch seiner Quantität nach im Laufe des Jahres veränderlich; während er zu einer Zeit über der Quecksilbersäule schwimmt und ihren Stand erhöht, fließt er zu anderer Zeit als tropfbares Wasser unter dem Gefäße des Barometers hin.

Der Dampfgehalt der über der Meeresfläche ruhenden Atmosphäre nimmt mit ihrer Temperatur im Allgemeinen zu; man findet ihn daher immer geringer, je weiter man nach höheren Breiten vorschreitet oder je höher man sich über die Meeresfläche erhebt. Wirkte die Durchdringung der Gase und der Einfluß der Winde nicht ausgleichend, so könnte man aus dem täglichen und jährlichen Gang der Temperatur mit Hülfe der Tafeln der Spannkräfte [1]) den Dampfgehalt für jeden Ort des Meeres berechnen, die Linien, welche die Orte gleichen Dampfgehaltes verbänden, würden mit den Isothermen zusammengehen. In der That aber ist die Luft im Mittel eines Monats oder Jahres an keinem Orte des Meeres mit Dampf gesättigt. Dagegen werden große Mengen von Wasserdampf über die Küsten ins Innere der Continente getrieben. Im Sommer, wo diese eine höhere Temperatur besitzen als das Meer, verbreitet sich das Wassergas am Leichtesten und dann ist der Unterschied der Dampfspannung über Land und Meer nicht groß. Im Winter tritt das umgekehrte Verhältniß ein; der Wasserdampf verdichtet sich, wenn er kaum die Küsten überschritten hat, zu tropfbar flüssigem Wasser und dringt nur spärlich ins Herz der Continente. Einen Beleg hierzu gibt die mittlere Dampfspannung der folgenden Orte, welche zwischen dem See- und Binnenklima eine Kette bilden:

Mittlere Dampfspannung in Millimetern

	im Jahre.	im Januar.	im Juli.
London . .	8,6	5,5	12,2
Utrecht . .	7,6	4,8	10,2
Halle . . .	7,5	4,5	11,6
Berlin . .	7,3	4,3	11,1
Warschau .	6,9	3,4	11,7
Petersburg .	5,7	2,7	10,5
Kasan . .	5,0	1,5	9,8
Barnaul . .	4,8	1,4	11,3
Nertschinsk .	4,0	0,4	11,3

[1]) Physik, S. 114.

Im Juli ist die Spannung an allen diesen Orten beinahe die nämliche, im Januar nimmt sie merklich nach dem asiatischen Continente hin ab.

Die relative Feuchtigkeit, die Annäherung an den Sättigungspunkt nimmt zwar im Ganzen auch von den Küstenländern nach dem Innern der Continente hin ab, das Verhältniß während des Sommers und Winters aber stellt sich gerade umgekehrt heraus wie das der Dampfspannung. Die geringe Menge von Feuchtigkeit, welche im Winter in die Continente dringt, reicht schon hin, ihre kalte Winterluft beinahe mit Feuchtigkeit zu sättigen; im Januar ist der Feuchtigkeitszustand der Küsten- und Binnenländer nicht sehr verschieden, im Juli findet eine Abnahme der Feuchtigkeit nach dem Innern hin statt. Die folgenden Zahlen sind ein Ausdruck dieser Verhältnisse in Brüssel, Petersburg und Catherinenburg, Orte, welche das Seeklima, das Uebergangsklima und Binnenklima gut repräsentiren.

Orte	Relative Feuchtigkeit im Jahre.	im Januar.	im Juli.
Brüssel . . .	0,837	0,915	0,793
Petersburg . .	0,818	0,900	0,771
Catherinenburg	0,795	0,935	0,699

Die größte Feuchtigkeit des Tages beobachtet man des Morgens früh, die geringste bald nach Mittag; im Winter ist im Allgemeinen die Luft feuchter als im Sommer; See- und Binnenklima verhalten sich in diesen Beziehungen übereinstimmend. Die jährlichen Extreme fallen an den genannten Orten auf folgende Zeitpunkte:

Orte	Größte Feuchtigkeit. Zeit.	Werth.	Geringste Feuchtigkeit. Zeit.	Werth.	Unterschied.
Brüssel . . .	3. Januar	0,921	11. Mai	0,760	0,161
Petersburg . .	24. December	0,925	20. Mai	0,717	0,208
Catherinenburg	15. December	0,972	30. Mai	0,627	0,345

Das höchste Monatsmittel des Dampfgehaltes ist in Benares im Juli zu 26,mm4, das höchste Jahresmittel in Madras zu 21,mm6 beobachtet worden. In Deutschland beträgt der Druck des Wasserdampfs im Mittel des Jahres etwa 7 bis 8, im Januar 3,5 bis 4,5 Millimeter. In Nertschinsk sinkt der Dampfdruck im Januar auf einen halben Millimeter herab.

Die folgende Tafel, welche die Veränderung der Dampfspannung an einem Orte der nördlich gemäßigten, der südlich gemäßigten und einem Orte der tropischen Zone enthält, zeigt, wie nahe sich diese Aenderungen an den Gang der Temperaturen anschließen:

	Jan.	Febr.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr.
Halle . . .	4,5	4,8	5,1	6,2	7,8	10,2	11,6	10,7	9,6	7,7	5,6	5,6	7,5
Trevandrum	18,3	18,6	20,4	21,9	21,9	21,3	20,7	20,3	20,3	20,9	20,5	19,2	20,4
Port Jackson	19,5	19,3	16,8	14,8	12,0	9,8	9,3	9,9	13,0	16,5	16,5	17,7	14,6

In Halle erreicht die Dampfspannung ihren größten Werth im Juli, sie ist im Januar am Geringsten; im Port Jackson bei Sidney in Neuholland kehren sich diese Verhältnisse gerade um; in Trevandrum endlich, wo die Sonne jährlich zweimal durch's Zenith geht, entsprechen die größten Dampfspannungen den beiden höchsten Temperaturen im April und October; die Schwankung ist übrigens an letzterem Orte höchst unbedeutend, wie überhaupt im Seeklima der tropischen Zone; in Buitenzorg auf Java beträgt sie nur 2 Millimeter, in St. Vincent in Westindien noch nicht einmal ganz so viel, sie erreicht in England nicht ganz 7 Millimeter, erhebt sich in Deutschland etwas höher, in Italien auf etwa 8, in Nordamerika auf 11 bis 12 Millimeter. Man könnte versucht sein, die größten Aenderungen in der Dampfspannung da zu suchen, wo auch der Gang der Temperatur am Meisten zu den Extremen hinneigt, im mittleren und nördlichen Asien. In diesen Gegenden erhebt sich jene indessen nur auf 10 Millimeter, während sie im nördlichen Hindostan, Thibet und China auf 13 bis 16 Millimeter ansteigt. Man sieht leicht ein, daß es nicht nur auf die Größe der Temperaturschwankung überhaupt, sondern auch darauf ankommt, in welcher Gegend der Skale sich diese Schwankung bewegt. Nehmen wir die Dämpfe in ihrer größten Spannung an, so steigt diese bei Zunahme von Einem Temperaturgrad um folgende Größen:

Zunahme der Temperatur	Zunahme der Spannung
Von — 18° auf — 17°	0, 1 Millimeter
„ 6° „ 7°	0, 5 „
„ 18° „ 19°	1, 0 „
„ 31° „ 32°	2, 0 „
„ 40° „ 41°	3, 0 „

Die jährliche Temperaturschwankung in Nertschinsk bewegt sich zwischen — 31° und 18° und würde einer Aenderung von 15 Millimetern in der Dampfspannung entsprechen, wenn diese jedesmal ihren größten Werth hätte; die Aenderung in Benares bewegt sich zwar bezüglich der Temperatur nur zwischen 17° und 34°,6, ist also dreimal geringer als in Nertschinsk; in der Dampfspannung verursachen diese Temperaturen aber eine Veränderung von 25,6 Millimetern. Hierzu kommt noch, daß im nördlichen Asien das Meer, aus welchem die steigende Wärme sogleich ihren Dampfvorrath schöpfen könnte, ferne liegt, während Indien und China durch die südwestlichen Moussons in der heißen Jahreszeit reichlich mit Dampf versehen werden. So lange diese Windrichtung dauert, bleibt die Dampfspannung in jenen Gegenden fast auf gleicher Höhe.

Man wird nach dem Vorgetragenen erwarten, daß in den täglichen Aenderungen des Wasserdampfgehaltes der Luft das nämliche Gesetz herrsche, wie in der jährlichen, daß die Luft am meisten Dampf zur Zeit der größten Tageswärme, am wenigsten in der Stunde des Temperaturminimums enthalte. So ist es in der That auch an allen Orten, wo hinlänglich Wasser an der Grundfläche vorhanden oder in der Nähe ist, wie die Beobachtungen in Apenrade, Plymouth, Greenwich, Brüssel und Toronto gelehrt haben. Wo jene Bedingung fehlt, also im Innern der Continente, fern von Süßwasseransammlungen, wächst zwar des Vormittags nach Sonnenaufgang der Dampfgehalt ebenfalls, aber, von den aufsteigenden Luftströmen entführt, vermindert er sich an der Erdoberfläche wieder zur Zeit der größten Tageswärme, um erst gegen Abend ein zweites Maximum zu erreichen. So ist es z. B. in Halle, Mühlhausen, Prag und Ofen. Nur wo man in solchen Gegenden Gelegenheit hat, den Dampf-

gehalt in großen Höhen zu beobachten, findet man ihn auch in der heißesten Tageszeit am Größten, da ihn gerade dann die aufsteigende Luft am Reichlichsten aus der Tiefe herauf führt.

Wo die Sonne die Atmosphäre erwärmt und auflockert, oder kältere Luft durch einen wärmeren Strom verdrängt wird, sinkt im Allgemeinen das Barometer. Es würde dies überall und zu jeder Zeit der Fall sein, wenn nicht der Dampf, welchen die Wärme dem Luftmeer zuführt, gerade die entgegengesetzte Erscheinung, nämlich ein Steigen des Barometers bewirkte. Das Endresultat hängt allein davon ab, ob der eine oder der andere dieser beiden Einflüsse überwiegt. An allen Orten, wo man außer dem täglichen oder jährlichen Gang des Barometers auch denjenigen der Dampfverhältnisse beobachtet hat, so daß man die Spannung des Wasserdampfs an dem Barometerstand in Abzug bringen konnte, hat man erkannt, daß der Druck der trockenen Luft sowohl während des Tages, als im Laufe des Jahres von der kälteren nach der wärmeren Zeit hin sich vermindert und eben so stetig mit abnehmender Temperatur wieder wächst. Nur treffen die größten und kleinsten Werthe des Druckes etwas nach den Temperaturextremen ein, da die einmal in Bewegung gesetzte Luft nicht sogleich zur Ruhe kommt, wenn die bewegende Ursache wegfällt. Man kann nicht zweifeln, daß jene Aenderungen eine reine Wirkung des aufsteigenden Luftstromes sind; da die Luft oben nicht eben so rasch abfließt, als sie sich erhebt, so beobachtet man an höher gelegenen Punkten (auf dem St. Bernhard, dem Faulhorn) in der That eine Zunahme des Drucks nach der Zeit der größten Tageswärme hin. An Einem Ort der Erde, in Sitcha im amerikanischen Rußland, hat man ein Anwachsen des Druckes der trockenen Luft in den Sommermonaten gefunden. Dove neigt sich der Annahme zu, daß die aus dem breiten aufsteigenden Luftstrome Asiens sich ergießenden Massen sich über Sitcha stauen und dadurch jenen höhern Druck erzeugen.

Wir geben im Folgenden nur eine ganz allgemeine Uebersicht der barometrischen Schwankungen, ohne in die Erklärung der Einzelnheiten einzugehen, welche sich nach den vorgetragenen Grundsätzen leicht von selbst darbieten.

Fast an allen Orten der Erde steigt das Barometer nach Sonnenaufgang unter dem Einfluß der Verdampfung und erreicht um 10 Uhr Vormittags einen höchsten Stand, es sinkt dann wieder, da die Auflockerung der Luft namentlich im Innern der Festländer die Dampfbildung überwiegt, und einige Zeit nach der größten Tageswärme, im Mittel um 4 Uhr Nachmittags, nimmt es seinen tiefsten Stand ein. Indem die Luft sich nun wieder verdichtet, erreicht das Barometer zwischen 10 und 11 Uhr Abends zum zweitenmal einen höchsten Stand und die starke Verminderung der Dampfspannung macht es dann wieder sinken und führt es um 4 Uhr Morgens einem zweiten tiefsten Stande zu. Mit den Temperaturextremen verändern auch diejenigen des Barometerstandes in den verschiedenen Jahreszeiten ihre Lage. Namentlich gilt dies für Orte der gemäßigten Zone und höheren Breiten, an welchen die tägliche Oscillation übrigens so gering und durch die in jenen Zonen vorzugsweise hervortretenden unregelmäßigen Schwankungen dergestalt verdeckt ist, daß sie nur aus den Beobachtungen mehrer Jahre sich unzweideutig erkennen läßt. Sie ist unter dem 60. Breitegrad fast verschwindend, beträgt in Deutschland im Mittel des Jahres nur etwa 0,6 Millimeter, im Sommer etwas mehr als im Winter, unter den Wendekreisen etwa 1,8, am Aequator 2,3 Millimeter. Hier, in der Gegend der Windstillen erfolgt sie in dem Grade regelmäßig, daß sie aus den Beobachtungen Eines Tages sich mit Sicherheit erkennen läßt, ja daß das Barometer als Uhr benutzt werden könnte (Humboldt).

Bei gleicher Breite spricht sich die tägliche Schwankung im Innern der Continente am Deutlichsten aus, da hier nicht nur die trockene Luft, sondern auch der Dampf zur Zeit der größten Tageswärme an Spannung abgenommen hat. Nach den Küsten hin mindert sich die tägliche Aenderung; ferner um so mehr, je weiter man sich über die Meeresfläche erhebt.

Auch während des Jahres nimmt an den meisten Orten der Barometerstand zwei größte und zwei kleinste Werthe an; die Maxima fallen aber hier auf die Zeit der Temperaturextreme, die Minima in die Zwischenzeiten, während beim täglichen Gang das Umgekehrte stattfand. Die Ursache dieses Unterschiedes möchte darin gelegen sein, daß bei dem allmäligen Anwachsen und Abnehmen der Wärme die Entwicklung der Wasserdämpfe volle Zeit hat zu folgen, während zur Zeit der größten Tageswärme der aufsteigende Luftstrom, inmitten der Länder wenigstens, mehr Dampf entführt, als sich gleichzeitig am Boden zu bilden vermag. In der heißen Jahreszeit füllt der Wasserdampf das Luftthal zum Theil aus, und verursacht ein zweites, wenn auch geringeres Maximum des Atmosphärendrucks. Je mehr man sich indessen dem reinen Continentalklima nähert, desto unmerklicher wird dieses zweite Maximum. Im östlichen Asien, an der Nordgrenze des Moussons, welche sich durch einen ungewöhnlich hohen Barometerstand auszeichnet, ist die letzte Spur verschwunden, der jährliche Gang des Barometerstandes entspricht dem Druck der trockenen Luft. In Island und, wie es scheint, in den nördlichen Polargegenden, trifft man die umgekehrte Erscheinung, das Barometer steht im Winter am Tiefsten und erreicht im Mai seinen höchsten Stand, welchen es an manchen Orten im Juni noch behauptet.

In jenen Gegenden, in welchen der Stand des Barometers fast allein vom Druck der trockenen Luft abzuhängen scheint, findet man auch die größten Unterschiede zwischen den mittleren Barometerständen der einzelnen Monate; im Januar steht in Peking das Barometer 19 Millimeter höher als im Juli, in Barnaul beträgt die Schwankung 16,6, in Jakuzk 17,6 Millimeter. Weit geringer ist sie in Deutschland, wo sie zwischen 1,5 und 3,2 Millimeter fällt. In der tropischen Zone, wo die Temperatur im Laufe des Jahres so wenig sich ändert, wird man keine große Schwankungen des Barometers zu finden erwarten. Auf Java betragen sie etwa 2 Millimeter, in Santa Fe de Bogota nicht ganz 1 Millimeter. Nur die Orte der tropischen Zone, welche in die Region der Moussons fallen, zeigen stärkere Aenderungen; in Madras und Bombay steigen sie auf 8 Millimeter an.

Bedeutender, als diese regelmäßigen Oscillationen im Laufe des Tages und des Jahres sind, außerhalb der Wendekreise wenigstens, die unregelmäßigen Schwankungen, welche dem Barometer vorzugsweise durch Wechsel kalter und warmer Winde eingeprägt werden. Sehr deutlich spricht sich die Beständigkeit der Witterung in der tropischen Zone durch die Geringfügigkeit der irregulären Schwankungen des Barometers, gegenüber denjenigen in höheren Breiten aus. Wo die Winde von verschiedener Temperatur beständig über einander wehen, oder wo die Richtung nur einem zweimaligen regelmäßigen Wechsel unterworfen ist, wie in der Gegend der Moussons, ist keine Veranlassung zu solchen Störungen gegeben als dort, wo die warmen Aequatorialwinde und die kalten Polarströme neben einander verlaufen und, indem sie den Kampf um die Oberherrschaft kämpfen, die Windfahne in wenigen Tagen oft mehrmals durch die ganze Windrose drehen. — Nimmt man aus den Unterschieden der extremen Barometerstände jedes Monats das Mittel, so findet man am Aequator eine mittlere Schwankung von 3 Millimeter, an dem nördlichen

Wendekreis von 7, in Deutschland von 22 Millimeter, und zwar im Winter doppelt so große Aenderungen als im Sommer. In Nordamerika und im nördlichen Asien steigen die Schwankungen auf 26, in Skandinavien auf 32 und in Island auf 36 Millimeter. Es kann nicht überraschen, auf dieser Insel solche Barometerschwankungen anzutreffen, wenn man bedenkt, daß zwischen Island und Europa die warmen Wasser des Golfstromes, zwischen jener Insel und Grönland aber die eisigen Gewässer des Polarstromes fließen und daß demnach gewisse Drehungen des Windes von sehr grellen Temperaturwechseln begleitet sein müssen. Die Isländer genießen daher die Wohlthaten des Seeklima's nicht.

Zur vollständigen klimatischen Kenntniß eines Orts gehört außer dem mittleren Barometerstand, aus welchem sich die Höhe des Ortes über der Meeresfläche ableiten läßt, auch die Ermittlung seiner barometrischen Windrose, d. h. der mittleren Barometerstände, welche den einzelnen Windrichtungen entsprechen. Im mittleren Europa fallen die höchsten Barometerstände mit Nordost, die niedrigsten mit Süd oder Südwest zusammen, wie man beispielsweise aus den barometrischen Windrosen von Paris, Halle und Berlin ersehen kann:

Wind	Paris	Halle	Berlin
Nord	758,2	754,8	757,8
Nordost	758,5	755,2	759,5
Ost	756,4	753,7	757,9
Südost	753,2	751,3	753,9
Süd	752,3	750,3	750,5
Südwest	752,7	750,4	751,8
West	754,8	751,4	755,2
Nordwest	757,0	753,4	755,8

Da die Südweste Wolken und Regen nach Europa bringen, die Nordoste aber trockenes und heiteres Wetter, so betrachtet man das Fallen des Barometers bei Nordost als einen Vorboten von südlicheren Winden und von Regen, das Steigen des Barometers bei Südwest oder West als ein Zeichen, daß der Wind sich nördlicher wenden und der Himmel sich klären werde, worauf im Sommer heiße Tage folgen, im Winter aber höhere Kälte eintritt. In andern Gegenden jedoch wird man den Aenderungen im Barometerstand andre Bedeutung beilegen müssen. In Schweden regnet es mehr bei Südost- als bei Südwestwind, und an der Coromandelküste fallen die reichlichsten Niederschläge, wenn die Moussons mit steigendem Barometer nordöstlich werden.

Die thermische Windrose, d. h. die Temperaturen, welche die verschiedenen Winde einem Orte zuführen, abgesehen von der Jahreszeit und dem Einfluß der mit der Bewölkung sich ändernden Ausstrahlung, verhält sich der barometrischen Windrose gerade entgegengesetzt. Im Mittel des Jahres fällt, wie die folgende Tafel zeigt, in Berlin die niedrigste Temperatur mit Nordost, die höchste mit Süd und Südwest zusammen.

Wind	Jahr	Sommer	Winter
Nord	9°,92	19°,47	1°,69
Nordost	9, 03	18, 19	— 0, 48
Ost	10, 06	20, 27	0, 50
Südost	11, 55	20, 15	2, 20
Süd	11, 88	18, 35	4, 82
Südwest	11, 87	17, 55	6, 31
West	10, 87	17, 03	5, 23
Nordwest	9, 81	16, 81	3, 56

Ein Wind, welcher in der Richtung der Isothermen weht, kann die Temperatur nicht bedeutend ändern; er wird sie erhöhen, wenn er eine südlichere, erniedrigen, wenn er eine nördlichere Richtung hat. Offenbar kann man hiernach allein schon aus der ungleichen thermometrischen Windrose im Sommer und Winter auf die bedeutende Schwenkung schließen, welche die Isothermen Deutschlands im Laufe des Jahres machen. Im Sommer liegen die bezüglich der Temperatur am Meisten verschiedenen Winde von Südost nach Nordwest, rechtwinklig darauf steht die Sommerisotherme Berlins. Im Winter liegen die excessiven Winde von Nordost nach Südwest, die Isotherme muß sich daher auch um einen rechten Winkel gedreht haben, wie dieß die Beobachtungen in der That bestätigen (vrgl. Tafel II und III). Es bedarf übrigens nach dem Vorausgegangenen keiner besondern Erklärung, warum die entgegengesetzten Winde im Winter größere Temperaturverschiedenheiten zeigen, als im Sommer.

Der mittlere Barometerstand an der Meeresfläche ist keineswegs in allen Breiten gleich; auch dann nicht, wenn man die Verbesserungen wegen ungleicher Intensität der Schwerkraft[1]) an den beobachteten Werthen anbringt.

Mittlere Barometerstände an der Meeresfläche.

N. Breite	Barometerstand	N. Breite	Barometerstand
0°	757mm,4	50°	759mm,5
10°	758,6	60°	757,0
20°	761,0	65°	751,6
30°	762,9	70°	754,1
40°	761,3	75°	757,7

Vom Aequator, wo die Luft am Meisten aufgelockert ist, wachsen die Barometerstände bis zum 30. Breitegrad, wo sie aus einem ähnlichen Grunde ein Maximum erreichen, wie an der Grenze der Moussons. Der untere und obere Passat, welche einander entgegen wehen, häufen an dieser Grenze die größten Luftmassen an. Die abnehmende Dampfspannung läßt die Barometerstände kleiner werden vom Wendekreis bis zum Polarkreis. Dort ist die Elasticität der Wasserdämpfe überhaupt nicht mehr merklich und der herabgesunkene obere Passat verliert dort seinen Einfluß, daher die Barometerstände in der dichteren Luft der Polarregionen wachsen. Auf der südlichen Erdhälfte ist die Gegend südlich vom Cap Horn durch auffallend tiefe Barometerstände ausgezeichnet. Unter dem 55. Breitegrad etwa beträgt der Druck nur 744 Millimeter, während in derselben Breite im Norden ein Barometerstand von 759 Millimeter beobachtet wird.

VII. Die wässerigen Niederschläge und die Gewitter.

Nach dieser Betrachtung abstracterer Aufgaben der Witterungskunde wenden wir uns zu dem lebenvolleren Bilde der mannichfaltigen Formen, in welchen die Feuchtigkeit der Atmosphäre, das organische Leben befruchtend, sich auf die Länder herabsenkt. Wenn auch im Mittel der Jahre und Monate die Luft an keinem Orte der Erde mit Feuchtigkeit gesättigt erscheint, so ist dieß doch für kürzere Zeiträume häufig der Fall. Es bedarf dann nur einer geringen Abkühlung und die Dampftheilchen sickern in der Luft zu feinen tropfbarflüssigen

[1]) Physik, S. 87.

Massen zusammen und schlagen sich, dem Gesetz der Schwere folgend, am Boden nieder.

Die Abkühlung durch Strahlung allein ist schon vermögend, Wassergas tropfbar zu verdichten. Die Luft selbst strahlt nur unmerklich aus, desto kräftiger aber die meisten Körper, welche die Erde bedecken. Wenn die Sonne nach einem warmen Tage am unbewölkten Himmel hinabgesunken ist, befeuchten sich Wiesen und Wald mit erquickendem Thau, das wiederkehrende Gestirn des Tages spiegelt und bricht seine Strahlen in unzähligen Tröpfchen und trocknet nur allmälig das befeuchtete Erdreich. Die Bildung dieses von unsichtbarer Hand ausgestreuten Regens blieb ein Räthsel, bis Wells sie aus den einfachen Gesetzen der Strahlung erklärte. Erde und Steine, und in höherem Grad noch organische Gebilde, die Zweige, Halme und Blätter der Pflanzen[1]) strahlen die Wärme auf das Reichlichste aus. An heiteren Abenden und in wolkenfreien Nächten sinkt daher ihre Temperatur rasch, um so schneller, je geringer ihre Masse und der Wärmevorrath ist, welchen sie darin aufgespeichert haben, je freier und jeder ausgleichenden Gegenstrahlung baar sie dastehen. Die unmittelbar sie umkleidende Lufthülle kühlt sich unter den Thaupunkt ab und was sie an Feuchtigkeit nicht länger zu tragen vermag, setzt sich auf die Oberfläche der erkalteten Körper nieder. War deren Temperatur unter den Gefrierpunkt gesunken, so schießt das Wasser in feinen Krystallen als Reif an. Dem aufmerksamen Beobachter wird es nicht entgehen, daß der Reif sich auf derjenigen Seite der Zweige und Blätter vorzugsweise ansetzt, welche dem Boden abgewendet am Meisten durch Strahlung erkaltet. Auf die nämliche Weise wie der Reif, welcher in heiteren Nächten des Frühjahrs und Herbstes die Wiesen mit einem dünnen Schleier deckt, bilden sich die prächtig schimmernden Duftmassen, welche Bäume und Sträucher zum Erdrücken überziehen, wenn im Winter nach längerer heftiger Kälte warme Thauwinde Massen von Feuchtigkeit herbeiführen. „Die Wände schwitzen, schlagen aus", sagt der Volksglaube, wenn die kalten Mauern sich mit Eis bekleiden. Im Hintergrunde der Neufoundlandbai und südlicher herab an der Küste von Nordamerika, setzen die Winde die Feuchtigkeit, welche sie, über die warmen Wasser des Golfstroms streichend, in reichlichem Maße aufgenommen haben, in dicker Eiskruste an den von dem Nordwind erkälteten Bäumen ab und diese imposante Erscheinung des Silberthau's ist, wie Bonnycastle sagt, mit nichts Anderm zu vergleichen, als mit ungeheuren Candelabern vom klarsten Krystall.

Wie bemerkt wurde, ist eine starke nächtliche Ausstrahlung die Bedingung einer reichlichen Thaubildung. Darum thaut es nur in hellen Nächten und der Mond, welcher dann häufig die bethauenden Gefilde bescheint, bringt den Thau ebensowenig, wie den Frost, für welchen ihn der Volksglaube verantwortlich machte. Ein ausgespanntes Tuch hemmt die Ausstrahlung der darunter befindlichen Pflanzen hinlänglich, um die Bethauung zu hindern; nicht anders wirkt aber die Wolkendecke für eine ganze Gegend, indem auch sie durch Gegenstrahlung die Abkühlung mildert.

Das Laubdach des Waldes bethaut sich, wie der Teppich der Wiesen, durch nächtliche Strahlung; das reichlich sich absetzende Wasser und die an den äußeren Zweigen erkaltete Luft fließen gemeinschaftlich ins Innere des Waldes herab und der schwammige Boden birgt die Feuchtigkeit. Geschützt gegen das Sonnenlicht und der Zutritt der Winde behauptet daher die Waldluft jene

[1]) Physik, S. 350.

erfrischende Kühle, welche am heißen Sommertag den Wandrer erquickt und jenen feuchten Zustand, welcher den Wäldern eine so große Rolle in der Erhaltung eines fruchtbaren Klima's zutheilt.

In den gemäßigten Klimaten gewinnt man nicht leicht eine Vorstellung von der reichlichen Thaubildung der tropischen Zone, wo die heißen Tage weit größere Mengen von Wasser der Luft zuführen und der durchsichtige Himmel eine Strahlung begünstigt, durch welche die Temperatur unmittelbar am Boden zur empfindlichen Kühle erniedrigt wird. Ulloa erzählt, daß in Lima der Thau wie Regen die Kleider durchnässe und daß man des Nachts bei völlig heiterm Himmel den Wald wie von Regengüssen triefen höre. Die regenarmen Gegenden Aegyptens und Hochasiens erhalten ihre Vegetation allein durch den reichlichen Thau der Nächte, die Wüsten Afrikas aber, deren glühender Sand der Luft auch des Nachts keinen Tropfen Wasser abzugewinnen vermag, sind öde und pflanzenleer. Nur einzelne Quellen verbreiten auf wenigen Flecken (Oasen) in dieser ungeheuren Fläche Erfrischung und Leben, und bieten der lechzenden Karawane die ersehnte Erquickung.

Die Luft kühlt sich nicht durch Strahlung, sondern durch Mischung warmer mit kälteren Massen ab; ist der Thaupunkt erreicht, so scheidet sich ein Theil des Wasserdampfes in der Form von Nebel und Wolken aus und diese werden um so schwerer und wasserreicher, je stärker die Abkühlung war. Endlich fällt das Wasser als Regen und Schnee zu Boden.

In unzähligen Fällen können wir die Nebelbildung beobachten und sie hat darum für uns nichts Räthselhaftes. Der Hauch, welcher dem Mund entströmt, das Wassergas, welches der Dampfwagen ausstößt, verdichten sich in kalter Luft zu Nebel. Ueber Sümpfen und Teichen, über Bächen und Flüssen, welche die Sonne am Tage erwärmte, sehen wir am Abend, wenn kühlere Luft sich über denselben lagert, dichte Nebelschichten entstehen. Wenn im Frühjahr und Spätherbst der feuchte Südwest in den kalten trocknen Nordost übergeht und beide Ströme sich stauen, hüllt sich die ganze Landschaft in dichten Nebel, welcher endlich vor dem Nordost zu Boden sinkend, einen heitern Himmel zurückläßt. Am Meisten sind die Küstenländer und Inseln von dichten Nebeln heimgesucht; wer hat nicht schon von den Londoner Nebeln gehört, welche, mit dem Kohlenrauch gemischt und beladen, die Stadt in der Mitte des Tages in Finsterniß hüllen. In der Bai von Neufoundland, wo die vom Golfstrom erwärmten und befeuchteten Winde sich abkühlen, verschwinden die Nebel fast nie und in den Polargegenden der Südsee hatte Cook unaufhörlich mit ihnen zu kämpfen.

Die Wolke, dieses Gebilde von wunderbarer Mannichfaltigkeit, welches die Kunst des Malers und die Phantasie des Dichters so oft beschäftigt hat, ist dem Naturforscher nichts Andres, als ein Nebel in höheren Regionen der Luft. „Die Wolken, sagt Dove, denkt man sich häufig als etwas Fertiges, „Bestehendes, als eine Art Magazine, in welchen aller unten fallende Regen, „Schnee und Hagel präparirt wird, welche durch Aneinanderreiben einen hin„reichenden Vorrath an Elektrizität erhalten, um Blitze herabzuschleudern, durch „Aneinanderstoßen den Donner erzeugen, von Bergen angezogen, von Felszacken „zerrissen werden und merkwürdiger Weise mit allem ihrem gewichtigen Inhalt „in der Luft schweben. Steigt man auf einem Berge in die Wolken, so findet „man einen einfachen Nebel und von allen jenen Herrlichkeiten nicht eine Spur."

Wenn die Sonne in der Frühe die weiße Nebeldecke bescheint, welche die Nacht über feuchte Wiesen lagerte, sieht man diese Decke sich heben in dem Maße, wie die Luft vom Boden aus sich erwärmt und am Mittag schwebt jene

Hülle über unsern Häuptern als Wolke. Wie oft gewahren wir an heißen Sommertagen den Himmel, welcher in der Frühe völlig frei von Bewölkung war, am Mittag besäet mit jenen runden weißen Wolken, welche durch den Reichthum ihrer Gruppirung die Phantasie anregen. Sie sind aus der Feuchtigkeit gebildet, welche der aufsteigende Luftstrom mit in die Höhe führte, die wasserreichen Stellen der Erdoberfläche finden in diesen Nebelhaufen ihr Abbild am Himmel. Darum vermag der in der Beobachtung der Natur geübte Wilde den Lauf der Ströme am Himmel abzusehen.

In den Gebirgen kann man den Wolken näher kommen und das wechselvolle Spiel ihres Entstehens und Vergehens am Leichtesten beobachten. Häufig wehen warme, dampfschwangere Winde durch die Ebene, ohne Nebel zu bilden; an den Bergen aber, in ihrem Fortgang gehemmt, steigen sie auf und, indem die kältere Luft das Wassergas verdichtet, hüllen sie die Gipfel in Wolken. Wo sie wieder in die wärmeren Ebenen hinabsinken, lösen sich auch die Wolken wieder auf und verschwinden spurlos. Auf den Alpen ist das Hervortreten, Bewegen und Wiederverschwinden des Nebels und der Wolken eines der schönsten und auffallendsten Schauspiele. Nicht selten ziehen sie am Hospiz des Gotthardt schnell vorüber, mächtig und dicht drängen sie sich in das plötzlich herabstürzende Thal von Tremola und über die Levantine hin. Man sollte glauben, in wenig Minuten sei die ganze Lombardei mit Nebeln bedeckt. Allein die Wolken erreichen nicht einmal den Ausgang des Thales von Tremola, der aus der Tiefe aufsteigende warme Luftstrom löst sie schnell auf [1]).

Bewaldete Höhen geben, vermöge der Feuchtigkeit, welche sie bergen, noch leichter Veranlassung zur Wolkenbildung als nackte Felsen. Ueberhaupt lagern sich, je feuchter die Atmosphäre im Ganzen ist, desto dichter und dauernder die Wolken um die Berge. Die Umwohner von Vulkanen betrachten es darum als ein Zeichen herannahenden Regens, wenn die nie fehlende Wolke des Kraters sich vergrößert.

Noch haben wir die Frage nicht berührt, woraus Nebel und Wolken eigentlich bestehen, und wenn aus tropfbarflüssigem Wasser, wie wir seither vorausgesetzt, wie dieses, obgleich 770 mal schwerer als die Luft, dennoch in derselben zu schweben vermöge. Sowohl der Umstand, daß man in einer Wolke niemals einen Regenbogen beobachtet, sowie die blaue Farbe des Himmels (vergl. S. 44) machen es wahrscheinlich, daß das Wasser der Wolken zwischen der Gas- und eigentlichen Tropfenform einen Mittelzustand behauptet, welchen Saussure mit dem Namen der Nebelbläschen bezeichnete. Er meinte damit äußerst feine Bläschen aus dünner Wasserhaut gebildet und mit Luft gefüllt. Kratzenstein will an diesen feinen Häuten unter der Loupe die Farben beobachtet haben, welche wir an den dünnen Seifenblasen bewundern. Die Dicke der Wände muß dann zwischen 65 und 130 Milliontel Millimeter gelegen haben. Aus dem Durchmesser der durch Beugung des Lichtes gebildeten Höfe um Sonne und Mond (vergl. S. 46), leitete Kämtz den Durchmesser der Nebelbläschen selbst zu 14 bis 35 Tausendtel Millimeter ab. Die feinsten fand er im August, die schwersten im Februar. Wenn man sich die außerordentliche Kleinheit dieser Körperchen vergegenwärtigt und bedenkt, daß Winde im Stande sind, den weit schwereren Sand der Wüste und die Aschen der Vulkane hunderte von Meilen weit zu tragen, so verliert das Schweben der Wolken den größten Theil des Räthselhaften. Die feinen Bläschen können im widerstehenden Mittel nur äußerst langsam sinken, ihre Geschwindigkeit muß durch die Luft

[1]) Kämtz, Vorlesungen über Meteorologie, S. 143.

hülle, welche jeder in der Atmosphäre bewegte Körper mit sich fortzieht[1]), bis zum Unmerklichen vermindert werden. Dazu kommt noch, daß fast immer von der Erdoberfläche nach den höheren Regionen ein Luftstrom ansteigt und, indem er oben seine Feuchtigkeit verdichtet, der Wolke Das ersetzt, was durch die Schwere herabgezogen, in der wärmeren Tiefe sich gelöst hat. Darum ist die Wolke ein veränderliches Wesen, ein Spiel der Wind- und Wärmeströme.

Trotz ihrer Wandelbarkeit hat Howard doch gewisse immer wiederkehrende Formen herauszufinden gewußt und ihnen Namen gegeben, welche heute noch von den Meteorologen anerkannt sind, als charakteristisch für gewisse Witterungszustände. Wenn bei heiterm Wetter die Südweste Oben hereinfließen, werfen sie über den Himmel jene netzförmig gekreuzten oder mannichfach gekräuselten weißen Fäden, welche, im Munde des Volkes häufig Windbäume genannt, von Howard mit dem Namen Federwolken bezeichnet wurden. Bei längerem Wehen überzieht sich der ganze Horizont mit einer gleichmäßig dicken Nebelschichte, der sogenannten Schichtwolke. Die schwere Regenwolke endlich scheidet sich aus der allgemeinen Nebelmasse noch durch den eigenthümlich faserigen Rand und das dunklere Ansehen ab.

Im Juli und August namentlich führen die aufsteigenden Luftströme von den nassen Stellen des Erdbodens Dämpfe in die Höhe, welche sich oben zu der schönen rund aufgethürmten Haufenwolke verdichten, deren Silberglanz sich malerisch auf dem dunkelblauen Himmel abzeichnet. — Auch der Verbindung je zweier der angeführten Nämen bedient man sich noch zur Bezeichnung mancher Wolkenformen. Was die Volkssprache poetisch mit Schäfchen bezeichnet, sind dem Meteorologen federige Haufenwolken. Wenn die Haufenwolke sich zu mäßigen Schichten zusammenthürmt und ein dunkelblaugraues Ansehen gewinnt und an den Rändern sich noch mit der Regenwolke besetzt, ist der Charakter der Gewitterwolke ausgebildet.

Wolken trifft man in allen Höhen an, vom Niveau des Meeres, in welchem man ihnen in den Polargegenden zu jeder Jahreszeit begegnet, bis zu mehren Meilen aufwärts; kein Gebirge der Erde erhebt seine höchsten Gipfel über die letzten Wolken. Ihre mittlere Höhe hat Humboldt in den Aequinoctialgegenden auf 3000 Meter geschätzt, in der Schweiz trifft man in 1500 Meter Höhe schon dichte Wolken an. In Deutschland geht die untere Wolkengrenze an rauhen Regentagen bis 500 oder 600 Meter herab. Von der Höhe der Schneegrenze aufwärts können die Wolken nicht mehr aus tropfbarflüssigem Wasser bestehen und wahrscheinlich sind alle Wolken, welche zur Zeit des Winterfrostes über das mittlere und nördliche Europa hinziehen, eine Anhäufung feiner krystallinischer Theilchen. Freilich hat man in den Nebeln, welche am Erdboden oft noch bei einer Temperatur von einem Grad unter dem Gefrierpunkte bestehen, keine Aenderung in der äußeren Beschaffenheit bemerken können. Allein in jenen Wolkenregionen ist die Kälte weit größer, die Erscheinung der Höfe und Nebensonnen[2]) spricht für das Vorhandensein von Eisnadeln, welche in der Luft schweben und der Schnee bildet sich sicher nicht erst dann, wenn der Niederschlag der Erde sich nähert. Im Gegentheil sieht man es häufig im Frühjahr und Herbst in den Gebirgen schneien, wenn es in der Ebene regnet. Bei sehr kaltem Wetter fallen die feinen Eiskrystalle in jenen zierlichen und symmetrisch geordneten Schneefiguren zu Boden, welche Scoresby auf seiner

[1]) Physik, S. 60.
[2]) Vergl. S. 46.

Polarreise in so mannichfachen Formen kennen lernte. Wird die Luft wärmer und nasser, so kleben die einzelnen Eissternchen zu dichteren Flocken zusammen, bis sie endlich schmelzen und in Tropfen zusammenfließen. Ganz ebenso rinnen in der wärmeren Sommerwolke, wenn sie im Uebermaß der Feuchtigkeit immer nasser geworden, die Bläschen und feinen Tröpfchen zu größeren Tropfen zusammen und fallen als Regen zu Boden.

Wenn man am heiteren Himmel in wenigen Minuten dunkle Wolken sich zusammenthürmen und Regengüsse aus ihnen herabstürzen sieht, so drängt sich die Frage auf, woher in so kurzer Zeit diese Wassermassen kommen, welche die übersättigte Luft nicht länger zu tragen vermag. Hutton hat zuerst eine befriedigende Antwort auf diese Frage gegeben, indem er zeigte, daß jedesmal ein Niederschlag entstehen müsse, wenn zwei gesättigte Luftmassen von ungleicher Temperatur sich mengen. Eine Luftmasse von 1 Million Kubikmeter Raumgehalt enthält, bei 20° gesättigt, 17,1 Kubikmeter Wasser, bei 10° gesättigt, 9,7 Kubikmeter. Mischen sich zwei solche Massen, so können sie bei der mittleren Temperatur von 15°, welche sie annehmen, nur 26 Kubikmeter Wasser in Dampfform enthalten, während sie 26,8 Kubikmeter zusammenbringen. Es müßten sich 0,8 Kubikmeter vollständig niederschlagen, wenn nicht die latente Wärme des verdichteten Wassers die Temperatur etwas über die mittlere steigerte. Waren die anfänglichen Temperaturen 30 und 20°, so wird bei der mittleren Temperatur von 25° eine Wassermasse von beinahe 1,4 Kubikmeter sich abscheiden.

Die größeren Regenmassen, welche auf die Länder niederfallen, sind nicht lokaler Entstehung, sie kommen vielmehr mit den feuchten wolkenführenden Winden, welche vom Meere her wehen. Küsten sind darum reicher an Regen, als die Binnenländer. Westindien, die Ostküsten Südamerika's und Afrika's, die Küstenstriche Ostindiens und China's sind so reich an Niederschlägen, wie keine anderen Gegenden der Welt. Von Großbritannien (100)[1]) durch die Niederlande (70), Norddeutschland (50) und Rußland (40) nach Sibirien (28) hin nimmt die jährliche Regenmenge stetig ab. — Sehr reichliche Niederschläge fallen vorzugsweise da, wo sich hohe Gebirgszüge unmittelbar aus dem Meere oder in der Nähe des Meeres erheben und die Wolkenzüge nöthigen, sich zu stauen und in die Höhe zu geben. So an den Küsten von Norwegen bei Bergen (220), an den östlichen Alpen im Hintergrunde des adriatischen Meeres (270), während Deutschland im Allgemeinen eine weit geringere Regenmenge (50 bis 70) hat. Nicht leicht ist der Einfluß der Berge irgendwo so ausgeprägt als in Portugal, wo das Land vom Douero bis zum Kamme der Sierra d'Estrella (300) zu den regenreichsten Europa's gehört, während es im Flußgebiet des Tajo (30 bis 60) nur äußerst wenig regnet.

Uebrigens ist nicht nur die Nähe des Meeres und die Erhebung des Terrains von Einfluß auf die Menge des Regens, sondern auch die Beschaffenheit des Bodens, die Cultur des Landes, namentlich aber der Reichthum an Waldungen hat einen entschiedenen Antheil daran. Wo die Winde über heiße Sandfläche hingehen, da wird die Luft trockener, die Wolken lösen sich auf, der heiße Boden scheint den Regen abzustoßen. Ueber den Waldungen dagegen sättigt sich der Wind leicht, indem er mit seiner eigenen Feuchtigkeit die der Waldluft verbindet, es bilden sich Wolken oder die vorhandenen verdichten sich und stürzen als Regen herab. Wälder haben daher einen ähnlichen Einfluß

[1]) Die Zahlen in Klammern bedeuten die jährliche Regenhöhe in Centimetern.

wie die Höhen, sie scheinen die Wolken und den Regen anzuziehen. Was diese Betrachtungen uns sagen, daß die Waldungen zur Erhaltung der Feuchtigkeit und damit der Fruchtbarkeit der Länder von größter Wichtigkeit sind, das lehrt die Geschichte in dem Schicksal ganzer Länderstriche, welche durch rücksichtslose Entwaldung ihre frühere Fruchtbarkeit verloren und nun öde liegen. Die frühesten Sitze der Cultur, Aegypten und Griechenland, bieten uns solche traurigen Beispiele. Obgleich Aegypten schon seit Jahrtausenden durch Entwaldung gelitten hat, so waren doch noch vor 100 Jahren die Regen in Oberägypten nicht allzuselten. Sie haben aber aufgehört, seitdem die Araber auf den Grenzen des Nilthals gegen Libyen und Arabien hin alle Bäume umgehauen haben. Dagegen beobachtet man in Unterägypten in Alexandria und Cairo, wo Regen sonst zu den Seltenheiten gehörten, jetzt häufigere Niederschläge in Folge der unermeßlichen Baumpflanzungen, welche Mehmed Ali ausführen ließ.[1]) Auch in Frankreich hat die Waldverwüstung in den Revolutionszeiten und das Eingehen der reichen Oelbaumpflanzungen in dem kalten Winter 1821 auf 22 viel Unheil gebracht und dem Ackerbau Schwierigkeiten bereitet.

Freilich hat der wohlthätige Einfluß der Waldungen auch seine Grenzen. Als Deutschland fast noch Ein zusammenhängender Wald war, unter dessen schirmendem Dach unzählige Sümpfe sich erhalten konnten, da waren Nebel und Regen häufig, das Klima war rauh. Erst nachdem die Wälder gelichtet wurden, trocknete die Sonne den Boden und eine milde Luft gestattete den Anbau der edleren Getreide, der feineren Obstsorten und der Traube.

In einer völlig unbewegten Atmosphäre würde nur der Wechsel von Tag und Nacht, von Sommer und Winter die Ursache regelmäßiger, in bestimmten Perioden verlaufender Niederschläge sein. Die Strömungen der Luft aber lassen diese regelmäßigen Erscheinungen nicht aufkommen, Regen und Schneefälle erscheinen vielmehr immer als Folge des Ortswechsels gesättigter Luftmassen. Polarströme sind nur in ihrem Beginne geeignet, Regen zu bringen, wenn sie, auf wärmere Luftmassen treffend, die Feuchtigkeit derselben niederwerfen. Bei längerem Wehen sind sie stets trocken, da sie nach Gegenden höherer Temperatur strömen und die Luft sich daher vom Sättigungspunkt weiter entfernt. Die Aequatorialströme dagegen, welche ihre feuchte Luft in höheren Breiten und der aufsteigende Luftstrom, welcher sie in den oberen Regionen unter den Sättigungspunkt abkühlt, sind die eigentlichen Regenbringer.

Die tropischen Gegenden Westafrika's, des atlantischen Oceans, Amerika's und des stillen Meeres haben heiße regenlose Tage, so lange die Nordost- und Südostpassate regelmäßig wehen. In der Gegend der Windstillen aber führt die erhitzte Luft große Massen von Wasserdampf in die Höhe, welche von Tag zu Tag in starken Gewitterregen wieder niederstürzen, am Reichlichsten zur Zeit der größten Tageswärme. Wäre der Stand der Sonne ein unveränderlicher, so würden zwei regenfreie Gürtel durch eine Zone unaufhörlicher Niederschläge geschieden sein. Die Bewegung der Sonne zwischen dem nördlichen und südlichen Wendekreis aber bringt jedem Orte der tropischen Zone eine Regenzeit, den nördlichen Gegenden im Sommer, den südlichen in unseren Wintermonaten. Am Aequator selbst müssen aus dem nämlichen Grunde zwei Regenzeiten eintreten, die eine im Frühjahr, die andere im Herbst. Die trockenen heißen Zeiten, welche sie scheiden, verkürzen sich nach Norden hin im Sommer, nach Süden hin im Winter, bis die beiden Regenzeiten in der Nähe der Wendekreise in eine einzige zusammengehen.

---

[1]) Dove, Meteorologische Untersuchungen, S. 61.

Die Regenzeit ist in der tropischen Zone die Periode des Wachsthums und Gedeihens; der westindische Pflanzer erwartet ihr regelmäßiges Eintreffen mit nicht minderer Hoffnung und Befürchtung, wie der europäische Winzer die wärmenden Strahlen der August- und Septembersonne. Allein auch er wird zuweilen getäuscht, wenn der aufsteigende Strom in andern Breiten beharrt und der untere Passat den Himmel von Regenwolken rein hält. Die trockene Zeit der Tropen ist in ihren Wirkungen dem nordischen Winter zu vergleichen, die Vegetation erstirbt, Bäume und Sträucher entblättern sich, die verkohlte Grasdecke der Steppen zerfällt in Staub unter dem steil einfallenden Strahl der nie bewölkten Sonne. Wenn die Regenzeit naht, bewölkt sich der früh Morgens noch klare Himmel um Mittag mehr und mehr und zur Zeit der größten Tageswärme gießen die dichten Wolkenmassen unter Donner und Blitz Wasserströme herab. Aber der aufsteigende Strom verliert an Kraft, die Wolken senken sich in die wärmeren Regionen herab und lösen sich auf; die Sonne geht am unbewölkten Himmel unter. Wochenlang wiederholt sich dieses Spiel mit großer Regelmäßigkeit, indem die Regenstunden sich allmälig am Morgen und Abend mehr auszudehnen beginnen, bis der Niederschlag endlich ohne Unterbrechung fortdauert und nur noch durch zunehmende Heftigkeit die Stunde der größten Tageswärme anzeigt.

Die folgenden Zahlen geben die jährliche Regenhöhe einiger Orte der tropischen Zone, und zwar aus den Gegenden der regelmäßigen Passatströmungen, in Centimetern an:

Sierra Leone (Guinea)	480	Kingstown auf St. Vincent	208
Marcnhao (Brasilien)	700	Bassetere } auf Guadeloupe	320
Cayenne	295	Matouba } auf Guadeloupe	740
Paramaribo	580	Jamaica	125
Cumana	19	Haiti	300
Trinidad	160	Vera Cruz	168
Barbados	146	Rio Janeiro	148

Die mittlere Regenmenge der Tropen der alten Welt berechnet Berghaus zu 196, diejenige der neuen Welt zu 290 Centimetern. Die jährliche Regenmenge der Tropen überhaupt ergibt sich hiernach zu nahe 2,5 Meter, während sie auf der ganzen Erde sicher nicht 1,5 Meter erreicht.

Auch in dem großen Bezirke der Monsune fallen regelmäßige Niederschläge; die größere Masse bringt der Südwestmousson, sie treffen die Malabarküste, wo in Mahabuleshwar die größte Regenmenge der Erde fällt, ferner die südwestlichen Küsten von Hinterindien und China und erstrecken sich bis ins Innere von Indien, wo ihnen das Himalayagebirge, auf welchem sich ungeheure Massen von Regen und Schnee entladen, eine plötzliche Schranke setzt. Das Hochland Gobi bildet mit dem Wüstengürtel, welcher sich vom Westende der Sahara durch Afrika, Arabien nach Persien hinzieht, ein großes, regenloses Gebiet. — Wenn der Monsun nach Nordost umschlägt, kommt die trockene Zeit für den größten Theil der südasiatischen Ländergebiete, Bombay z. B. bleibt sieben Monate ohne Regen. Nur auf der Coromandelküste und der östlichen Seite von China fallen im Beginn des Nordostmonsuns im October und November große Wassermassen nieder. Folgendes sind die jährlichen Regenhöhen einiger Orte des Monsungebietes:

Pulo Pinang (Hinterindien)	165	Mahabuleshwar	765
Daselbst in 684 Meter Höhe	295	Bombay	202
Calcutta	150	Madras	122
Benares	108	Canton und Macao	175
Delhi	60	Gondar, Habessinien	95
Seringapatam	60	Port Louis (Mauritius)	90

Einen solchen Wasserreichthum, wie ihn die hohe Dampfcapacität der heißen Luft den tropischen Regen verleiht, kennt man in der gemäßigten Zone nicht. Wenn in der Breite von 50° in 24 Stunden 6 bis 8 Centimeter Wasser fallen, beginnen die Flüsse aus ihren Ufern zu treten, im Winter genügen hierzu selbst schon 2 Centimeter. Daß in Genf am 20. Mai 1827 während eines dreistündigen Gewitters 16 Centimeter Regen fielen, ist ein einzig dastehendes Beispiel. In Cayenne hat man dagegen in einem Zeitraum von 10 Stunden einen Niederschlag von 27 Centimetern beobachtet, halb so viel als in Paris während des ganzen Jahres fallen. Die großen Schneemassen, welche sich zuweilen in höheren Breiten aufthürmen, dürfen unser Urtheil nicht verführen; denn außerdem daß hier das Resultat vieler Niederschläge sich ansammelt, weiß man, daß 1 Meter Schnee nur etwa 8 Centimeter Regen entspricht.

In dem Theil der gemäßigten Zone, welcher an die Wendekreise grenzt, findet sich noch eine gewisse Regelmäßigkeit im Wechsel der trockenen und nassen Jahreszeit; in höherer Breite aber verschwindet diese immer mehr, die Regen verbreiten sich gleichmäßiger über das ganze Jahr. Die nämliche Abwechslung, welche die Monsune von Halbjahr zu Halbjahr erzeugen, findet sich in den Polar- und Aequatorialströmen der gemäßigten Zone neben einander zu jeder Zeit des Jahres. Europa ist der Condensator für die Dampfmassen der tropischen Zone des atlantischen Meeres, die Südwest- und Westwinde bringen diesem Erdtheile vorzugsweise Regen. Bestimmt gilt dies wenigstens für die länger anhaltenden Regen, welche Dove die Regen des Stroms nennt. Regen des Uebergangs oder des Verdrängens der Ströme bringen auch die einbrechenden Nord- oder Nordostwinde; sie sind durch Heftigkeit und kürzere Dauer ausgezeichnet.

Die Vertheilung der Regen in den Jahreszeiten ändert sich, wenn man von den südwestlichen Küsten Europa's nach dem nordöstlichen Binnenlande vorschreitet. Im Winter schlagen sich die Dämpfe nieder, sobald sie die Küsten überschreiten, im Herbst und Frühjahr vermögen die höher gehenden Wolken schon weiter in's Land zu dringen. Im Binnenland Europa's endlich fallen die größten Wassermengen im Sommer, wenn auch der Regentage in dieser Jahreszeit weniger sind. Die geschilderten Verhältnisse sprechen sich deutlich in der folgenden Tafel[1] aus:

	Funchal	Rom	Viviers	Augsburg	Berlin
Januar .	**228**	84	80	78	41
Februar .	91	84	55	68	41
März . .	61	**92**	62	74	35
April . .	38	74	87	57	38
Mai . .	37	69	**95**	**142**	57
Juni . .	12	46	83	130	**81**
Juli . .	2,5	14	70	**160**	77
August .	9	32	76	128	57
September .	34	56	134	110	55
October .	94	**136**	**154**	109	41
November .	**124**	134	135	93	43
December .	106	127	78	72	52

Nördlich vorschreitend sieht man das Maximum des Regens im Winter in zwei Maxima im Herbst und Frühling zerfallen, welche sich dann wieder in ein Maximum des Sommers vereinigen. Vergleichen wir noch die Regenmenge

[1] Dove, meteorologische Untersuchungen, S. 330.

der vier Jahreszeiten auf Sicilien, an den Abhängen der Alpen und in Deutschland, so spricht sich das nämliche Resultat unverkennbar aus:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Sicilien	105	68	11	86
Südwestliches Spanien und Portugal	114	80	11	68
Westabhang der Alpen	54	65	43	108
Südliches Deutschland	48	57	100	65
Mittleres und nördliches Deutschland	54	62	100	54

Berghaus berechnet die mittlere Regenmenge Europa's zwischen dem 30. und 60. Grad nördlicher Breite auf 86 Centimeter, diejenige Nordamerika's zwischen 24,5 und 45 Grad nördlicher Breite auf 100 Centimeter. Die wenigen in Australien gemachten Beobachtungen lassen auf eine Regenhöhe von 68 Centimeter schließen für die Zone zwischen dem 33. und 43. südlichen Breitegrad.

Die Luft der Polarzonen ist zwar immer feucht und wie im Norden Amerika's, so herrschen im südlichen Theile des stillen Oceans häufige Nebel, auch schneit es dort fast täglich; allein die Atmosphäre wird nicht von jenen stürmischen Bewegungen heimgesucht, welche Luftmassen von sehr ungleicher Temperatur und Dampfcapacität mengen und in niedern Breiten so reichliche Wassermassen niederwerfen. Ueber der Nebelschichte, welche in den Polargegenden auf dem Meere lagert, ruht eine klare kalte Luft von sehr geringer Dampfspannung. Nicht selten ragen schon die Masten der Schiffe aus dem dichten Nebel hervor, welcher das Verdeck verfinstert.

Die mittlere Regenhöhe der ganzen Erdoberfläche mag nach dem Vorausgeschickten zwischen 1 und 1,5 Meter fallen. Die Verdampfung ist ohne Zweifel auf der Südhälfte bedeutender, die Menge der Niederschläge aber tritt auf der Nordhälfte ihrer continentalen Winter wegen in's Uebergewicht. Die Erde ist darum einer colossalen Dampfmaschine zu vergleichen, deren Condensator auf der Nordhälfte liegt. Die aus den Niederschlägen frei werdende Verdampfungswärme und die reichliche Bewölkung der nordischen Winter, welche die Strahlung mindert, sichern dieser Seite der Erde ein Uebergewicht der Temperatur gegen die Südhälfte.

Die nämlichen Ursachen, welche in den Polarzonen das plötzliche Ergießen reicher Niederschläge hindern, machen auch die elektrischen Entladungen dort zu wahren Seltenheiten. In den Grenzgebieten der regelmäßigen atmosphärischen Strömungen, wo sich leicht Gelegenheit zur Berührung ungleich warmer Winde und damit auch zur Bildung sehr wasserreicher schwerer Wolken findet, oder da, wo die Form der Gebirge und die Feuchtigkeit von Seen und Flüssen die Entstehung und Anhäufung dichter Wolkenmassen begünstigt, ist die wahre Heimath der Gewitter.

Seit Franklin seine elektrischen Drachen steigen ließ, weiß man, daß nicht nur die Wolken, sondern daß die Luft auch bei heiterem Wetter fast immer mit Elektrizität geladen ist. Welches die vorzüglichste Quelle dieser Elektrizität sei, ob die Reibung der strömenden Luft, die Verdunstung oder die Verbrennung und die vegetativen Prozesse, ist nicht mit Sicherheit ausgemittelt. Die Erscheinungen bei den Gewittern selbst, das fast momentane Zusammentreffen des Blitzes mit erneuerter Heftigkeit der Regengüsse scheinen zu beweisen, daß die plötzliche Bildung dichter Niederschläge von einer eben so plötzlichen Entwicklung von Elektrizität begleitet zu sein pflegt.

Die nassen schweren Wolken, durch welche ein kalter, in die warme Atmosphäre hereinbrechender Strom seine Bahn am Himmel bezeichnet, sind geeignet,

die Elektrizität, welche in ungesättigter Luft träge in ihrer Zerstreuung beharrt, zu sammeln und ihr Beweglichkeit zu verleihen. Die gesammelte Elektrizität wirkt vertheilend auf den neutralen elektrischen Zustand der Erde, indem sie nach Ausgleichung mit der entgegengesetzten Elektrizität strebt. Wo nicht starke Platzregen, von den Landleuten so bezeichnend „stille Gewitter" genannt, die Ausgleichung geräuschlos herbeiführen, da tritt sie unter Blitz und dem Donner der erschütterten Luft ein, welchen die Berge und Wolken in rollendem Echo wiedertönen lassen. Wo die Wolke ihre schweren Falten nach dem Boden herabsenkt, oder wo Bäume, Thürme, Häuser, kurz irgend erhabene Gegenstände, welche die Elektrizität zu leiten vermögen, in die Luft ragen, ist dem Blitz sein Weg angewiesen. Freilich springt er, immer den bessern Leiter nach dem Boden wählend, oft vom geraden Wege ab. Die furchtbaren Wirkungen, womit er seine Bahn bezeichnet, sind keine andern, als diejenigen, welche der Physiker am Funken der Elektrisirmaschine in kleinem Maßstabe beobachtet. Der Blitz erhitzt und schmilzt die besseren Leiter, zertrümmert die weniger guten, entzündet brennbare Substanzen und zerstört das thierische Leben.

Wem sollte es unbekannt sein, daß Benjamin Franklin zuerst den Gedanken faßte, die verderblichen Wirkungen jener unbändigen Naturkraft von dem Menschen und seinen Wohnungen abzulenken, indem er ihr in dem Blitzableiter einen Weg zur rascheſten Ausgleichung bot, in welcher sie dann spurlos verschwindet. Nur eine ununterbrochene metallische Leitung von hinreichendem Querschnitt, oben die Gebäude überragend, unten mit dem feuchten Boden in mehrfach verzweigter inniger Verbindung, kann den wohlthätigen Schutz bieten, welchen der ehrwürdige Erfinder beabsichtigte.

In der Region der Windstillen, wo sich die aufsteigende Luft, heiß und dampfbeladen, oben zu nassen Wolken verdichtet, erfolgen täglich elektrische Entladungen unter starken Regengüssen mit der größten Regelmäßigkeit. In der Region der Nordost- und Südostpassate sind nur die Monate des Uebergangs der trockenen zur nassen Jahreszeit, in der Gegend der Monsune die Wendemonate durch häufige Gewitter ausgezeichnet.

Außerhalb der Wendekreise fallen die meisten Gewitter in den Sommer, weil die dampfreiche Luft dieser Jahreszeit die Bildung schwerer Wolken vorzugsweise begünstigt. Die tiefgehenden Gewitterwolken, welche von Zeit zu Zeit auch im Winter entstehen, entladen sich über den Küsten; im Binnenland sind die Wintergewitter völlig unbekannt, die elektrischen Entladungen überhaupt seltener. Die Westküste Europa's zählt im Laufe des Jahres etwa 20 Gewitter, Deutschland ungefähr ebenso viel, in Petersburg und Moskau ist die Zahl etwa 17, in Kasan 9, in Nertschinsk nur 3. Unter 200 Gewittern kommen folgende Mengen auf die einzelnen Jahreszeiten:[1])

	Winter.	Frühling.	Sommer.	Herbst.
Westliches Europa .	18	35	105	42
Schweiz	1	41	138	20
Deutschland . .	3	49	132	16
Inneres Europa .	0	31	159	10

Am Entschiedensten zeigt sich der Unterschied zwischen dem Küsten- und Binnenland in der Vertheilung der Gewitter in dem regenreichen Bergen und

[1]) Kämtz, Vorlesungen über Meteorologie S. 421.

in Stockholm, welchem die mit der Isotherme fast parallel gehende skandinavische Gebirgskette den Charakter des Binnenlandes verleiht.

	Winter.	Frühling.	Sommer.	Herbst.
Bergen . .	90	10	69	31
Stockholm .	0	22	163	15

Die häufigste Veranlassung zur Bildung sehr wasserreicher Niederschläge giebt im mittleren Europa das Einbrechen nördlicher Winde in die warme dampfreiche Südluft. Die meisten Gewitter gehören darum in Frankreich, Deutschland und den umliegenden Ländern der Westseite an; sie kündigen sich durch einen kühleren Wind an, das Barometer steigt während der elektrischen Explosionen und eine allgemeine Abkühlung kommt in ihrem Gefolge. Oft erfordert es indessen wiederholte Angriffe der nordwestlichen und nördlichen Strömungen mit immer erneuerten elektrischen Entladungen, bis sie endlich zum Siege gelangen.

Auch beim Uebergang der Windfahne von Nordost nach Ost und Süd trifft es sich zuweilen, daß sich südliche Winde mit hinreichender Heftigkeit in die kältere Luft stürzen, um Gewitterwolken zu bilden. Diese Gewitter der Ostseite ziehen weit höher, als die westlichen, und ihnen folgt nicht Abkühlung, sondern Erhöhung der Temperatur, meist auch reichliche, mehre Tage anhaltende Niederschläge, sogenannte Landregen.

Die Bildung des Hagels, welcher häufig die elektrischen Entladungen zu begleiten pflegt und immer nur in geringer Verbreitung, oft auf ganz schmalen Strichen niederfällt, ist den Meteorologen von jeher ein Räthsel gewesen. Man trifft im Innern der Hagelkörner fast immer undurchsichtige Kerne aus zusammengeballtem Schnee, sogenannte Graupelkörner, wie sie namentlich im Frühjahr häufig in der gemäßigten Zone zu Boden fallen. Auch hat man bemerkt, daß nicht selten in der Höhe nur Graupelkörner fallen, wenn es unten hagelt. Es scheint demnach, als ob die Graupelkörner, vielleicht durch Wirbelwinde längere Zeit in der Luft erhalten, aus der Feuchtigkeit der Wolken sich die Eishülle bilden, welche sie oft zu so bedeutender Schwere anwachsen läßt. Es mögen wohl sehr nasse Wolken zur Hagelbildung nöthig sein, welche aus großer Höhe bis in die Nähe der Erdoberfläche herabreichen, da man diese nur im Sommer und hauptsächlich in der Mittagszeit beobachtet. In der Region der Windstillen trifft man Hagel nur in großen Höhen an, beim Herabsinken in die heißeren Luftregionen müssen die Eiskörner schmelzen. Es ist übrigens eine öfter beobachtete Erscheinung, daß Regentropfen sich im Fallen vergrößern. Nach Dove's Angabe beträgt die Regenhöhe auf dem Dache des königlichen Schlosses in Berlin 49, auf dem Pflaster des Schloßplatzes 54 Centimeter. Man hat zwar mit guten Gründen bestritten, daß die Regentropfen allein durch ihre niedrigere Temperatur befähigt wären, in der kurzen Fallzeit sich um $^1/_9$ ihres Gewichtes zu vergrößern, allein ohne Zweifel darf man auch an ein mechanisches Fortreißen der schwebenden Dampftheilchen und der äußerst langsam sinkenden feineren Tröpfchen denken.

Auf die lokale Bildung des Hagels scheint die Gestaltung des Terrains, ja selbst die Cultur des Bodens nicht ohne Einfluß zu sein; manche Landgüter verhageln fast immer, andere dicht daneben bleiben frei. Dove erzählt, daß Casalbero in der Provinz degl' Irpini in Neapel, gegen Nordwest von einem bewaldeten Bergrücken geschützt, frei von Hagelschlägen gewesen; seitdem der Abhang beackert werde, hagele es fast jeden Tag.

VIII. Einfluß des Klima's und der Meteore auf die Vegetation.

Durch das Klima, durch die Meteore ist das organische Leben bedingt, Wärme und Feuchtigkeit sind die großen Factoren, von welchen das Gedeihen der Pflanzenwelt abhängt; wo sie sich einstellen, widerstrebt der Boden nicht leicht der Entwickelung vegetabilischen Lebens. Wenn die schiefen Strahlen der Polarsonne die obere Schicht des tiefgefrorenen Bodens aufthauen, wachsen Moose und Flechten und sprießet selbst spärliches Gras. Der dürre, unter der glühenden Tropensonne hartgebrannte Boden der Savannen Südamerika's und des Tafellandes der südafrikanischen Gegenden zerreißt nach dem ersten Regen unter der Gewalt der schwellenden Zwiebelgewächse und sprossenden Wurzeln, der Regen der nächsten Tage bedeckt sie mit dem üppigsten Grün, noch einige Tage und das Grün wird überschienen von dem bunten Glanze eines Meeres von Blüthen. Selbst das harte Gestein, womit der Pic von Teneriffa und die isländischen Vulkane meilenweite Strecken übergossen und zur traurigen Einöde umgeschaffen, muß nach Jahrhunderten endlich der Verwitterung weichen und holt dann durch die üppigste Fruchtbarkeit das Versäumte ein; die Korallenbänke der Südsee bewalden sich mit dem Brodbaume und der Kokospalme, die unzugänglichsten Sümpfe Florida's sind mit dichten Wäldern von Rohren bedeckt.

Wo aber der Wärme oder wo der Feuchtigkeit für immer der Zutritt versagt ist, da ist auch dem Leben eine Grenze gesetzt. Die dichten Nebel der nördlichen Länder der Hudsonsbai, der Behringsstraße oder der antarctischen Inseln vermögen nichts, wo die Sonne zu matt ist, selbst in ihrem höchsten Stande die Bande zu lösen, in welche die Kälte des hohen Nordens und Südens jene Gegenden schlägt. Und doch sind diese Gegenden nicht öder, als die glühenden Sandwüsten Afrika's und die dürren regenlosen Küsten von Chili und Peru.

Die Thierwelt, wenn gleich beweglicher und weniger an die Scholle gebunden, vermag jenseits der Grenze nicht mehr auszudauern, wo der Boden ihr die letzte spärliche Nahrung versagt, und auch der Mensch, dessen rastloser Geist ungern eine Schranke anerkennt, fristet außerhalb jener Region nur ein mühsames, gefährdetes Dasein. Wenn man, in höhere Breiten vordringend, die Grenze des Ackerbaues überschritten und die Hirtenvölker hinter sich gelassen, erkennt man an der dünngesäeten Bevölkerung die Länder, in welchen Jagd und Fischfang allein noch nähren. Was dem Bewohner der Südsee der Brodbaum, das ist dem Lappländer das Rennthier, dem Eskimo der Wallfisch, sie nähren und kleiden ihn, decken seine Wohnungen, liefern ihm Werkzeuge, Gefäße und Waffen. Mit der kärglichen Moosnahrung der Landthiere, mit den letzten Bewohnern des Meeres, welchen das Eis der Polarmeere eine Grenze zieht, verschwinden auch die Reste jener uncivilisirten Völker, welche an den öden Erdfleck ihrer Heimath eine seltsame Anhänglichkeit fesselt.

Die Natur hat in manchen Gegenden der Erde den belebenden Einfluß der Feuchtigkeit und die vernichtende Wirkung der Dürre in überraschender Weise nebeneinandergestellt. Der Reisende, welcher es vermöchte, die dichten und hochstämmigen Bergwälder am regenreichen Westabhang der Cordilleren Patagoniens zu durchdringen, würde, auf der östlichen Seite herabsteigend, eine dürre Fläche finden, nur besetzt mit einzelnen Büschen brauner, sparriger Gräser und wenigem dornigem Gesträuch. Die Guanacoheerden, welche dieses regenarme Gebiet durchstreifen, sind in den nördlicher gelegenen Steppen von la Plata

verdrängt durch zahllose Schwärme von verwildertem Rindvieh, Pferden und Schafen, welchen die jene Flächen überziehende Cardua-Artischoke zur Nahrung dient. Aber auch diese Gegend ist regenarm und wenn sie in manchen Jahren von ungewöhnlicher Dürre heimgesucht wird, dann versiegen die kleineren Gewässer, die Disteln verdorren und das ganze Land von Buenos Ayres bis Santa Fe hüllt sich in eine ungeheure Staubmasse. Die Heerden stürzen in die größeren Flüsse, um ihren brennenden Durst zu löschen, aber zu kraftlos, um das Ufer wieder zu gewinnen, werden die Thiere zu Hunderttausenden ein Raub der Wellen.

Noch näher, als an den beiden Abhängen jener südamerikanischen Gebirgskette, treten üppigste Fruchtbarkeit und öde regenlose Wüstenflächen in Arabien aneinander, wo der südliche Theil seines belebenden Wasserreichthums wegen stets „der glückliche" geheißen, und in Persien, wo man aus dem Frühling Jsphahans, „welcher die Sinne berauscht", oder aus Schiras, dem Lande der Nachtigallen und Rosen, in die dürren, im Sommer glühendheißen Salzsteppen von Jran tritt.

Wo sich der Nil durch die nubische Wüste und durch Oberägypten windet, verbreiten seine von tropischen Regen geschwellten Gewässer, hier auf einige Meilen, dort auf wenige hundert Schritte, jene Fruchtbarkeit, welche eine zahlreiche Bevölkerung nährt. Ohne jenen Strom, an dessen blühenden Ufern man zu den ältesten Erinnerungen menschlicher Gesittung hinaufsteigt, würden die lybysche Wüste und das steinige Arabien sich hier die dürre todbringende Hand gereicht haben, seit jener frühen Zeit, wo die nordafrikanische Ebene dem Meere entstieg.

Während die Wasser des Nils nur unter sorgsamer Leitung der Wüste einen schmalen Saum abzugewinnen vermögen, prangt die wasserreiche Gebirgswelt von Habesch in frischem Grün und die Tropenregen rufen im Gebiete des weißen Flusses, in Sennaar und dem Lande der Nubaneger eine unendliche Fülle des Lebens hervor. Man sieht hier die hohe majestätische Delebb-Palme, den Sotor mit seinen großen purpurfarbenen Kelchblumen und an langen seilähnlichen Stielen herabhängenden Früchten, Adansonien, Tamarinden, Mimosen- und Weihrauchbäume in undurchdringlichem, mit Schlingpflanzen verwebtem Urwald. Cactusse, Euphorbien, riesenmäßige Feigenbäume mit Kronen von mehren hundert Fuß im Umfang und mit ihren Aesten aufs Neue in der Erde wurzelnd, Eine Vogelwelt in reichster Farbenpracht, die Wälder bevölkert von Löwen, Elephanten, Antilopen, Affen, deren Brüllen und Pfeifen die Stille der Nacht hundertstimmig unterbricht — Alles dieß gibt nur ein schwaches Bild jenes reichen tropischen Lebens.

Tausendfältig müßten wir diese Schilderungen wiederholen, wollten wir der unendlichen Fülle, welche die Natur in den Tropen der alten und neuen Welt geschaffen, einen Ausdruck geben. Unermeßliche Urwälder, nie von der Axt berührt und undurchdringlich für den Wanderer, Grassteppen weit wie das Meer, dehnen sich in jenen Länderstrichen aus, und wo die Cultur Fuß gefaßt, baut man, was das Gewächsreich an kostbaren Früchten und Gewürzen hervorbringt. An den feucht-warmen Küsten Südamerika's, Westindiens, der südlichen Staaten von Nordamerika, Hinterindiens und China's, sowie der Inseln des indischen Archipelagus, gedeiht der Kaffeebaum, das Zuckerrohr und die Baumwollenpflanze. Zwar gestatten auch die warmen Sommer der an den nördlichen Wendekreis grenzenden Länder den Anbau des Zuckers und der Baumwolle bis nahe zum 40ten Breitegrad, und die Theestaude geht in dem milden Japan noch über diese Linie hinaus; der Cacao dagegen und die Vanille halten streng

die Tropengrenze Amerika's ein, die gewürzigen Producte der ostindischen Inseln, der Zimmt, Pfeffer, die Gewürznelke und der Muskatbaum entfernen sich kaum zehn Grade von dem Aequator.

Die tropische Natur bietet ihren Ueberfluß dem Menschen nicht ohne mannichfache Beschwerden. In den tiefgelegenen Binnenländern erstirbt die Pflanzenwelt während der Gluth und Dürre der trocknen Jahreszeit; und da, wo die Seeluft die drückende Schwüle der Tage und Nächte mildert, an dem Gestade Centro-Amerikas, Westindiens und auf den ostindischen Inseln, herrschen, vielleicht erzeugt durch die reichlichen Dämpfe oder die faulenden Reste einer allzu üppigen organischen Welt, verderbliche Krankheiten. Der geringe Wechsel der tropischen Jahreswärme ist zwar der Gesundheit des Menschen förderlich, aber nur da kann diese Wohlthat sich geltend machen, wo die Erhebung über die Meeresfläche die drückende Hitze mildert. An den reich bewaldeten Abhängen der tropischen Gebirge, wie auf den Höhen von Honduras, von Guatemala oder an den ostindischen Bergketten herrscht ein ewiger Frühling, es prangen die Bäume im ganzen Jahre im doppelten Schmucke der Blüthen und Früchte.

Wenden wir unsre Blicke von diesen Gegenden, wo die Freigebigkeit, mit welcher die Natur ihre Gaben ausschüttet, keinen Sporn für die eingebornen Bewohner übrig gelassen, zu jenem arbeitsamen Ringen, welches die geistigen und physischen Kräfte entwickelt und stählt, nach dem hohen Norden, wo der Druck eines ungleichen Kampfes mit den Elementen, welche dem Menschen kaum so Viel gönnen, um ein elendes Dasein zu fristen, ihn physisch und geistig in fast thierischer Rohheit danieder hält. Die Grenzen des Getreidebaus lassen in der neuen Welt bestimmte Beziehungen zu den Wärmeverhältnissen nicht erkennen, da dort kaum erst die Küsten urbar gemacht sind und nur in Nordamerika die ackerbautreibende Bevölkerung ins Innere vorzudringen begonnen hat. In der alten Welt, wo der Bau der Sommergetreide, von Roggen, Gerste, Hafer und Buchweizen sich durch Europa und das nördliche Asien verbreitet hat, findet man die Polargrenze dieser Culturpflanzen merklich von den Isothermen abweichen. Sie schließen sich, wie das Fortkommen der größeren Mehrzahl einjähriger Gewächse und wie der Bau aller Culturpflanzen, bei welchen die Früchte geerntet werden sollen, vielmehr den Linien an, welche die Orte gleicher Sommerwärme verbinden (Isotheren), während dem Bestehen der überwinternden Gewächse die Linien gleicher Winterkälte (Isochimenen) meist eine Schranke ziehen. Der Lorbeer, die Myrthe können in England noch im Freien bestehen, aber Trauben vermag der kühle Sommer Britanniens nicht mehr zur Reife zu bringen[1]). Der Anbau der Rebe folgt in Europa nahe der Isothere von 20°, die halbcontinentalen Sommer des östlichen Deutschland bringen sie in günstigen Jahren selbst in der Breite von Berlin, bei einer mittleren Jahreswärme von 9°, noch zur Reife, westlich drücken die kühlen Sommer, östlich die continentalen Winter sie in niedere Breiten herab; doch geht sie überall noch über den 40. Breitegrad hinaus. Südlich erstreckt sich die Region des Weinbaues bis zum Wendekreis und reicht nur auf den Hochländern Indiens noch in die tropische Zone.

Aus der Vergleichung der Tafeln II und III entnimmt man, daß die Vertheilung der Wärme in Ost und West, im Sommer eine weit gleichmäßigere ist, als im Winter. Die Verbreitungsgrenzen des Roggens, der Gerste und des Weizens schließen sich daher den Breitekreisen näher an, als die Isother-

---

[1]) Nach Quetelets Beobachtungen erhält der Weinstock in Brüssel bei 10°,5 mittlerer Tagestemperatur die Blätter, er blüht bei 17° und kommt bei 22°,5 zur Reife.

men. Nur auf der Ostküste von Nordamerika, deren Sommer die Eisströme und die niedere Temperatur der zahlreichen Binnengewässer herabdrückt, gehen die Getreide kaum bis zum 50. Breitegrad, während sie in Skandinavien und Rußland noch über den Polarkreis, bis zum 70. Breitegrad reichen. Auf der Westküste von Nordamerika, welche, den warmen Wassern des großen Oceans zugänglich, das Vorgebirge von Aljaska mit seiner Gebirgsmauer vor den kalten nordwestlichen Winden, die Felsgebirge vor den Nordosten schützen, geht der Getreidebau bis zum 60. Grad hinauf.

Nirgends auf der Erde, wo nicht Wassermangel der Cultur Grenzen setzt, wird man, von Süden nach Norden reisend, einem so raschen Wechsel der Vegetation begegnen, als im östlichen Nordamerika; nirgends drängen sich die Isothermen so dicht zusammen. Unter dem 35. Grad, in gleicher Breite mit dem südlichsten Ende Europa's, zieht man noch Baumwolle und Zuckerrohr, unter dem 51. Grad, also in der Breite von Thüringen und dem Rheinland, hat der Getreidebau ein Ende und auch die Waldungen, welche die westlichen Gebiete von Canada in größter Ueppigkeit überziehen, verwandeln sich in Labrador in niedriges Kiefern- und Birkengestrüppe, noch ehe man die Breite von Petersburg und Christiania erreicht hat.

Die heißen Sommer Nordasiens, verbunden mit der Leichtigkeit des Verkehrs, welchen die unzähligen sibirischen Ströme in dieser Jahreszeit bieten, haben es möglich gemacht, die nördlichsten festen Wohnsitze bis über den 70. Breitegrad vorzuschieben; in Amerika haben sie meist schon vor dem 60. Breitegrad ein Ende, nirgends gehen sie bis zum Polarkreise. Freilich gehören jene Wohnsitze zu den traurigsten der Erde; wenn die Getreidetransporte, welche ihnen auf den Flüssen aus südlicheren Gegenden zugeführt werden, der Frost überrascht, müssen sie an Ort und Stelle überwintern und den Ansiedelungen droht Hungersnoth. „Bei Nischne Kolymsk (68° 32′)“ sagt Wrangell[1]), welcher mehre Jahre dort zubrachte, „friert der Strom schon in den ersten „Tagen des September zu, näher nach der Mündung hin gehen oft schon um „den 20. August beladene Pferde über das Eis und nie löst sich die Eisdecke „vor Anfang Juni. Die Sonne geht zwar während 52 Tagen (vom 15. Mai „bis 6. Juli) nicht unter, das hilft aber wenig, denn sie steht so niedrig, daß „sie nur leuchtet, die Atmosphäre aber fast gar nicht erwärmt; sie erscheint in „so mattem Glanze, daß man sie stets ohne Unbequemlichkeit betrachten kann. „Das Verweilen des Gestirns über dem Horizont hebt übrigens die gewöhn„liche Ordnung des Tages nicht auf. Wenn die kalte Sonne sich an den Ge„sichtskreis herabsenkt, ruht die Natur; so wie sie sich nach wenigen Stunden „wieder etwas erhebt, erwacht Alles. Die wenigen kleinen Vögelchen, die es „hier gibt, begrüßen mit heißerem Zwitschern den neuen Tag, das eingeschrumpfte „Blümchen wagt seinen Kelch zu öffnen, Alles eilt, um doch Etwas von dem „Einfluß der matten Sonnenstrahlen zu genießen. Es gibt hier nur zwei „Jahreszeiten, Winter und Sommer, wenn auch die Bewohner ganz ernsthaft „von einem Frühling und Herbst reden. Ersteren glauben sie um die Zeit zu „finden, wenn die Sonnenstrahlen um Mittag anfangen, bemerkbar zu werden, „etwas nach der Mitte März; in diesem Lenze sinkt die Temperatur Nachts „noch auf — 37°; den Herbst rechnen sie von der Zeit, wo die Flüsse zufrieren, „von den ersten Tagen Septembers, wo es gewöhnlich schon 20° Kälte gibt.

„Der hiesige Sommer ist eigentlich nur ein Kampf zwischen Entstehen und

---

[1]) Aus Berghaus Geographie. S. 382.

„Vernichtung. In den letzten Tagen des Mai treibt das verkrüppelte Weiden„gebüsch kleine winzige Blättchen und die nach Süden gelegenen Uferabhänge „beziehen sich mit einem falben Grün. Im Juni gibt es um Mittag 22°,5 „Wärme, es zeigen sich Blättchen, die Beerenstauden treiben Blüthen. Da tritt „zuweilen ein Seewind und mit ihm eine rauhe Eisluft ein, welches das ärm„liche Grün gelbt und die Blüthen zerstört. Im Juli pflegt die Luft am „Heitersten und ziemlich mild zu sein, aber, gleich als wollte die Natur den „Bewohnern dieser Gegend selbst das Schattenbild des Sommers verleiden „und sie zwingen, den Winter wieder herbeizuwünschen, stellen sich mit den „ersten Tagen dieses Monats Millionen von Mücken ein, welche in dichten „Wolken die Luft verfinstern. Der eigentliche Winter dauert volle neun Mo„nate; im Oktober wird die Kälte etwas durch dicke Nebel und die aus dem „gefrierenden Meere aufsteigenden Dünste gemildert, mit dem November aber „treten die großen Fröste ein, welche im Januar auf 53° bis 54° Kälte steigen. „Dann wird das Athmen schwer, das wilde Rennthier, dieser Bürger der Po„larregionen, zieht sich in das tiefste Dickicht der Wälder zurück und steht unbe„weglich, wie leblos da. Mit dem 22. November tritt eine 38tägige Nacht „ein, welche aber durch die starke Refraction, durch das Schneelicht und die häufi„gen Nordlichter ziemlich erträglich wird. Am 28. December erscheint tief unten „am Horizonte eine blasse Morgenröthe, die aber noch selbst am Mittag nicht „im Stande ist, die Sterne zu verdunkeln. Mit der Wiederkehr der Sonne „wird die Kälte empfindlicher und die Fröste des Februar und März zeichnen „sich durch ihre besonders durchdringende Schärfe aus."

Zwischen der Gluth der Tropen und dem starren Frost des Nordens liegen jene Klimate, wo der Mensch siegreich aus dem Kampfe mit den Elementen hervorgeht und wo der beharrliche Fleiß, womit die Bewohner der Natur Das abgewinnen, was das Leben erhält und verschönt, den Geist entwickelt und die physischen Kräfte gestählt haben. In die gemäßigten Klimate fallen die Sitze höherer Cultur, aus ihnen sind die weltbewegenden Ereignisse hervorgegangen. — Am Lieblichsten entfaltet sich die Natur in den südlichen Ländern der nördlich gemäßigten Zone. Im Thal von Pischauer, am Ostrande des Tafellandes von Iran, verschmilzt die europäische Natur mit der indischen, und Kabuls Hochterasse ist ein großer Weingarten, ein Obsthain. Mandeln, Oliven und Granaten wachsen neben Pflaumen und Kirschen, Aepfeln und Birnen, Aprikosen und Pfirsichen, die schattigen Haine erschallen von den Stimmen der Drossel und Amsel, der flötenden Nachtigall, der girrenden Taube und der geschwätzigen Elster. „Kabul ist im Frühling der Himmel auf Erden," sind die Worte seines Herrschers; und auch die Abendländer haben das Paradies ihrer heiligen Schrift in jenen Gegenden, dem Thal von Kaschmir, gesucht. Auch viele Gegenden Syriens und Palästina's gehören zu den reizendsten der Erde. Ueber den milden Himmel der südeuropäischen Länder, ihre üppige Fruchtbarkeit, welche nur da gelitten hat, wo eine rücksichtslose Entwaldung den Regen verscheuchte, sagen wir Nichts. Diese Gegenden sind uns jetzt so nahe gerückt, wir erhalten von ihnen so häufige Kunde, daß wir vertraut mit ihnen sind, wie mit unsrer Heimath.

Deutschland ist reich an edlem Obst und Getreide, die Waldungen, welche noch reichlich seine Höhen krönen und unter sorgsamer Pflege stehen, sichern ihm die Fruchtbarkeit der Thäler und Ebenen und die feurige Rebe des Rheinthals bringt kein andres Land der Erde hervor.

Taf. I.



120
160
15°
10°
5°
0°
E
N
I
60
10°
15°
40
20°
20
25°
0
28°
25°
20
AUSTRALIEN
20°
15°
40
10°
5°
0°
60
120
160



Dove's Normalstationen für den tæglichen Gang der Temperatur.

Nr.	Station	Mittl. Temperatur
1.	Rio Janeiro	23°,2
2.	Trevandrum	26°,2
3.	Madras	28°,3
4.	Bombay	27°,4
5.	Frankfor: Arsenal	10°,4
6.	Toronto	6°,9
7.	Rom	16°,8
8.	Padua	12°,9
9.	Kremsmünster	7°,8
10.	Prag	10°,1
11.	Mühlhausen	6°,6
12.	Halle	8°,7
13.	Göttingen	11°,5
14.	Salzuflen	9°,3
15.	Brussel	10°,4
16.	Plymouth	11°,1
17.	Greenwich	9°,4
18.	Leith	9°,1
19	Apenrade	8°,3
20.	Christiania	5°,2
21.	Drontheim	4°,7
22	Helsingfors	3°,7
23.	Petersburg	1°,2
24.	Catharinenburg	0°,5
25.	Barnaul	-3°,5
26.	Nertschinsk	-4°,0
27.	Matoschkin Schar	-8°,4
28.	Karische Pforte	-9°,4
29.	Boothia felix	-15°,7

Taf. III.



Dove's *Normalstationen für den* **jährlichen** *Gang der Temperatur.*

Nr. Station.	Mittl. Temperatur.
1. Madras	28°. 8
2. Palermo	17°. 3
3. Mailand	12°. 8
4. Genf	11°. 5
5. Wien	10°. 6
6. Regensburg	8°. 9
7. Stuttgart	9°. 7
8. Karlsruhe	10°. 4
9. Berlin	9°. 0
10. Kopenhagen	7°. 6
11. Torneo	-0°. 5
12. London	10°. 4
13. Kinfouns Castle	8°. 3
14. Zwanenburg	9°. 7
15. Paris	10°. 7
16. Salem	9°. 4
17. Albany	9°. 0
18. Gothab	-2°. 9
19. Reykiavig	4°. 1

Linien gleicher Wärme im Juli.

